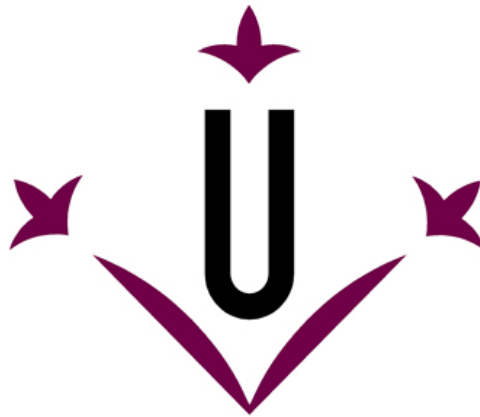


Universitat de Lleida



Facultat d'Infermeria i Fisioteràpia

Grau en Fisioteràpia

"REDACCIÓ D'UN PROTOCOL DE TRANSICIÓ DEL CALÇAT ESPORTIU
TRADICIONAL A UN CALÇAT MINIMALISTA EN LA MODALITAT DE TRAIL
RUNNING"

Per:

ALBERT CAMARASA SANSA

Tutor/a: Carme Campoy Guerrero

TREBALL FINAL DE GRAU

Redacció d'un projecte d'intervenció

Curs 2016-2017

RESUM i ABSTRACT.	Pàg. 3
1 - INTRODUCCIÓ.	Pàg.5
– La pràctica d'exercici físic i el "running".	Pàg.5
– El "Running".	Pàg.7
– La pràctica del running i la seva evolució fins als dies actuals.	Pàg.7
– El trail running.	Pàg.8
– El calçat dels Runners.	Pàg.10
– El calçat minimalista i el Barefoot.	Pàg.10
– El drop en el calçat esportiu.	Pàg.13
– La carrera a peus.	Pàg.14
– Biomecànica i cinemàtica del peu durant les fases de la carrera.	Pàg.14
– <i>Deformitats dinàmiques en la biomecànica de l'arc plantar durant la marxa.</i>	Pàg.15
– La carrera i les lesions per sobrecàrrega.	Pàg.17
– <i>Les lesions i el contacte inicial de taló.</i>	Pàg.19
– <i>Lesions associades a una mala transició al calçat minimalista.</i>	Pàg.19
– Biomecànica amb calçat minimalista i característiques del seu recolzament.	Pàg.21
– Comportament del membre inferior durant la carrera amb calçat minimalista.	Pàg.23
– La propiocepció i l'equilibri amb l'ús del calçat minimalista.	Pàg.24
2- HIPOTESIS.	Pàg.27
3- OBJECTIUS.	Pàg.28
4- METODOLOGIA.	Pàg.29
– Disseny.	Pàg.29
– Subjectes d'estudi.	Pàg.30
– Variables d'estudi.	Pàg.35
– <i>Propiocepció.</i>	Pàg.35
– <i>El volum de la musculatura intrínseca i extrínseca dels peus.</i>	Pàg.37
– <i>La prevenció de lesions associades al calçat minimalista.</i>	Pàg.38
– <i>Adaptació a l'esforç.</i>	Pàg.40
– Maneig de la informació i recollida de dades.	Pàg.42
– Generalització i aplicabilitat.	Pàg.43
– Anàlisi estadístic.	Pàg.44
– Pla d'intervenció.	Pàg.45
5- CALENDARI DE L'ESTUDI.	Pàg.50
6- LIMITACIONS I BIAIXOS.	Pàg.55
7- PROBLEMES ÈTICS.	Pàg.57
8- ORGANITZACIÓ DE L'ESTUDI.	Pàg.58
9- PRESSUPOST.	Pàg.65
10- BIBLIOGRAFIA.	Pàg. 70
11- ANNEXOS.	Pàg.75

RESUM

Introducció: En els últims deu anys, arreu del món, hi ha hagut un augment de les persones que realitzen exercici físic. S'intenta buscar el culte al cos, obtenir un estat de wellness, un de fitness, i ser actius socialment. Tots aquests termes, o podríem dir estats, donen com a conseqüència que les persones ens dediquem més hores a la pràctica d'una activitat física.

Cadascuna d'elles és diferent, i se'n poden trobar grans varietats quant a preus, dificultats tècniques o duresa. Així doncs, entre totes les possibles activitats apareix el "running" com la que ressorgeix amb més força. Aquest creixement pot donar-se gràcies al baix cost que comporta, és ràpid de fer i és una de les activitats més socialitzadores.

El problema sorgeix en l'aparició més freqüent de les lesions als corredors, fins al punt que neix una filosofia de pràctica sense calçat (barefoot) o amb el mínim necessari per córrer (minimalisme). Aquests moviments, sembla ser, aconsegueixen que els corredors presentin menys lesions, ajuda a millorar la tècnica de carrera i millora el rendiment.

Tanmateix, com tota filosofia o moviment, es generen els debats i els dubtes entre tots els que volen sentir aquest canvi en els seus peus i que potser, no ho aconsegueixen com ells voldrien.

Pregunta clínica: És possible la redacció d'un protocol de trail running, d'un calçat esportiu normal a un de minimalista, amb uns sis mesos de durada i controlant uns paràmetres que són: el canvi propioceptiu en els corredors; el volum de la musculatura intrínseca dels peus; i finalment, evitar l'aparició de lesions associades a un canvi brusc?

Objectiu: Desenvolupar un protocol per la transició de calçat esportiu tradicional al calçat minimalista en atletes que vulguin usar-lo en curses de muntanya controlant les variables de propiocepció, volum muscular intrínsec dels peus i la prevenció de lesions associades.

Metodologia: "Estudi experimental prospectiu analític amb intervenció aleatoritzada". S'agafarà un total de 15 corredors, d'indiferent sexe, per aplicar-los un protocol de transició al calçat minimalista en la modalitat de trail. Per evitar canvis massa sobtats, es realitzarà, una regressió d'un calçat amb un drop alt (diferència d'alçada de la base del calcani, fins a la base del primer metatarsià), fins a dur un calçat minimalista. Durant la transició, es controlaran diverses variables com són: els canvis propioceptius que es desenvolupin als corredors; si s'observa, mitjançant una ressonància magnètica, un increment en el volum de la musculatura intrínseca dels peus, com a conseqüència de generar més força possiblement amb ells, i com últim, evitar l'aparició de lesions que estiguin associades a un canvi brusc, o poc controlat, a aquest tipus de calçat. La durada del treball serà de 6 mesos de progressió, intentant que els corredors compleixin un estricte ordre de treball respecte a: sessions per setmana, els kilòmetres totals d'entrenament, el canvi en la seva tècnica de carrera i un treball d'estiraments.

Paraules clau: Trail running; Calçat esportiu; Minimalisme; Barefoot; Prevenció de lesions; Lesions esportives.

ABSTRACT

Introduction: In the last ten years, around the world, there has been an increase in people who perform physical exercise. Attempting to find the cult of the body, get a state of wellness, one of fitness and be socially active. All these terms, or we could say states, give the consequence that people will spend more time on the practice of physical activity.

Each one is different, and we can find great variety in terms of pricing, technical difficulties or hardness. Thus, among all possible activities appears "running" as it emerges stronger. This growth can occur due to the low cost involved, and also that it is quick to practise and is one of the most socializing.

The problem arises most frequently in the occurrence of injuries to runners, to the point that a philosophy of practice without shoes (barefoot) or with the minimum necessary to run (minimalism) has been born. These movements seem to make runners have fewer injuries, help to improve the technique of the race and improve performance.

However, like any philosophy or movement, debates and doubts are generated among those who want to feel this change on their feet and might not succeed as they would like.

Clinical question: Is it possible to draw up a protocol of trail running, from a normal athletic shoes to a minimalist one, with about six months of duration and controlling the following parameters: the proprioceptive change in runners; the intrinsic foot muscle volume; and finally, to avoid the appearance of injuries associated with a sudden change?

Objective: To develop a protocol for the transition from traditional athletic shoes to minimalist shoes in athletes who want to use it in mountain races controlling the variables of proprioception, intrinsic foot muscle volume and prevention of associated injuries.

Methodology: "Prospective analytical experimental study with randomized intervention." A total of 15 runners will be enrolled, of indifferent sex, to apply a protocol of transition to minimalist footwear in the modality of trail. To avoid too sudden changes, there will be a regression from a shoe with a high drop (height difference of the base of the calcaneus, to the base of the first metatarsus) to minimalist footwear. During the transition, several variables will be controlled, such as: proprioceptive changes developed by runners; an increase in intrinsic foot muscle volume, if observed by MRI, possibly as a result of generating more force with the feet, and lastly, to avoid the appearance of injuries associated with a sudden change or little control, to this type of footwear. The duration of the work will be 6 months of progression, trying to ensure that the runners comply with a strict work order regarding: sessions per week, total kilometres of training, change in their running technique and a stretching job.

Keywords: Trail running; Sport shoes; Minimalism; Barefoot; Injury prevention; Sports injuries.

1 – INTRODUCCIÓ

LA PRÀCTICA D'EXERCICI FÍSIC I EL RUNNING

L'OMS (Organització Mundial de la Salut) va fer una definició del concepte de "salut". Ho defineix com l'estat complet de benestar (biopsicosocial) i no solament una situació de no malaltia ni alteracions. Aquest estat biopsicosocial engloba tres dominis: el físic, el mental, i finalment el social. En tots tres hi ha una implicació per un estat agradable. És cert que en el domini social no hi ha una participació de l'organisme del mateix individu, però, sí que existeix una estreta relació entre la sensació de benestar i la realització d'activitats amb altres persones. Siguin esportives, lúdiques o de la vida quotidiana.

Amb aquesta descripció es pot enllaçar que les persones necessitem la realització d'activitats, sigui de manera individual, o bé col·lectiva. Això no obstant, en alguns casos no es realitzen aquests objectius. Les causes poden donar-se com a conseqüència de les llargues jornades laborals que tenim a l'actualitat, que ens porten a tenir gran sensació de fatiga i poques ganes de fer activitats. Una altra causa és la necessitat de tenir més d'un treball per arribar a pagar les despeses de la vida diària, tant de la família, com de la nostra pròpia supervivència. La no realització d'activitats externes a les obligacions del dia a dia, ens porta al sedentarisme.

Realitzar una activitat física saludable diària, té uns beneficis en tots els àmbits de la nostra vida i dels termes biopsicosocials. Així doncs, és recomanable que les persones ens impliquem en cuidar el nostre cos, obtenint beneficis personals i socials.

L'OMS recomana un mínim de trenta minuts cada dia d'activitat física moderada. Es podria considerar moderada, aquella que no implica una sensació de fatiga elevada. També es podria optar per quinze minuts més intensos.

La forma que escullin les persones de fer aquesta activitat física, és totalment lliure. Tot i així, s'ha vist que unes de les activitats més populars són, la marxa, el senderisme i la carrera a peu. El seu èxit pot estar lligat a diferents causes com: la poca despesa econòmica que comporten totes tres, solament és necessari la utilització d'un calçat adequat i roba esportiva. Una altra

causa seria la poca inversió de temps personal per obtenir un benefici. A diferència d'altres activitats (com la bicicleta), la pràctica del senderisme o la carrera a peu, es necessita pocs minuts per obtenir beneficis.

Així doncs, amb el pas dels anys, s'ha introduït un nou concepte anglosaxó anomenat "running". On es reflecteix la pràctica de la carrera a peu en competicions de llarga distància (maratons o mitges maratons). Actualment s'ha incrementat d'un vint per cent a un seixanta per cent, tot gràcies al fet que es pot atorgar un caire popular i social capaç de moure masses de gent (1).

Però amb l'augment d'aquesta pràctica esportiva, hi va lligat un altre factor a tenir en compte. L'increment de les lesions en els corredors amateurs. Es considera que la incidència anual de les lesions, es troba entre el 20 i el 79 per cent. Així doncs, a partir d'aquest problema, es comença a plantejar diferents modificacions en la mecànica i les condicions en què es corre. Aquestes intenten trobar una solució per disminuir les lesions, i una de les que cada cop agafa més força, i a la vegada genera més debats, és córrer sense calçat als peus (1).

Aquesta pràctica es va popularitzar amb l'aparició del llibre: "Born to run: A hidden Tribe, superathletes and the greatest race in the world", de Christopher MacDougall. Lieberman (2), amb la publicació del seu article també va causar un gran debat.

Així doncs, cada cop hi ha més corredors que decideixen seguir el seu camí cap als entrenaments i les competicions sense calçat esportiu. Serà tot un repte esbrinar, en un futur pròxim, si aquest mètode, pot ser útil per evitar les lesions a un alt percentatge de corredors, o solament es tracta d'una quimera que busca vendre més models de calçat esportiu.

● LA PRÀCTICA DEL "RUNNING" I LA SEVA EVOLUCIÓ FINS ALS DIES ACTUALS.

Des de fa uns anys endarrere si hi ha hagut un fenomen que s'ha multiplicat i incrementat exponencialment a través dels anys, és la pràctica esportiva en general, però sobretot la del "running", ja que, s'ha pogut convertir en una forma molt comuna per ocupar el temps de lleure (per exemple: per poder evadir-se, tenir una estona per cadascú i d'aquesta manera aconseguir un mode de vida molt més saludable). A més a més, en l'última dècada ha incrementat gràcies a la identitat i l'estil de vida de moltes persones, cosa que ha comportat implicacions en competicions esportives, però també de salut, socials i econòmiques.

Altres estudis afegixen diversos factors explicatius per evaluar aquest increment popular, les últimes desigualtats socioeconòmiques de les poblacions (3), l'autopercepció de l'estat de salut individual i familiar o la facilitat del nostre entorn i fàcil accés a recursos per la seva pràctica (4).

La paraula **"running"** la utilitzem per referir-nos a l'acció de córrer, tot i això s'allunya del terme atletisme i tot el que l'envolta. L'atletisme involucra un caire molt més estructurat, una pràctica més competitiva i a un nivell més esportiu. Per contra, el running adquireix un caire més popular, una simple acció que busca aquell individu per sentir-se millor en si mateix i en el seu entorn social. Solament a Espanya durant el 2010, un 12,9% de la població va manifestar que practicaven el running, que equivalia a més de 2,5 milions de corredors. (5)

Així doncs, entre els motius per córrer trobem que als corredors els genera satisfacció: el fet de tenir interacció social i la d'assolir resultats òptims, destacant també, el fet de poder estar dins un grup de running i tenir a la seva disposició un entrenador que els ajudi en les seves programacions.

Els que més han notat el creixement exponencial és el sector de les marques especialitzades en calçat, roba i complements de la pràctica esportiva, i amb tot l'aparició de més models de sabatilles que han causat que tinguem l'armari de casa nostra, gran varietat de calçat per cadascuna de les possibles superfícies d'entrenament o per infinites possibilitats de cada cursa.

Aquesta pràctica no solament comporta entrenar sinò que hi ha certs objectius per als participants, les competicions. La consecució d'un objectiu personal i prioritari ha dut que cada cop hi hagi un calendari de curses més ampli amb un ventall de distàncies enorme per poder participar en curses d'un kilòmetre fins a les curses d'ultradistància de més de cent kilòmetres, podent escollir la superfície i la duresa.

● EL TRAIL RUNNING.

El **trail running** consisteix en la pràctica esportiva de córrer per la muntanya, ja sigui alta, mitja i baixa muntanya. El fet diferenciador a altres curses d'asfalt és que els terrenys solen ser més escarpats, més variables i no superen el 50% de pistes transitables per vehicles de carretera. Els participants no solament han de ser més o menys ràpids, sinó que han de demostrar una gran capacitat de resistència. La distància mínima per realitzar una trail és de 15 a 21 kilòmetres, amb desnivells acumulats que poden superar com a mínim els 1000m. Amb l'aparició d'esportistes com Kilian Jornet, Nùria Picas i Laura Orgué, entre d'altres, aquest esport s'ha vist incrementat fins al punt que en l'actualitat s'estan massificant els parcs naturals i els espais naturals de la muntanya (6).

Un altre factor que provoca un augment de participants en aquesta modalitat de carrera és que el corredor es vol posar a prova, vol intentar descobrir quins poden ser els seus límits. Solament cal fixar-se en el gran nombre de corredors prenent la sortida en curses importants de llarga durada i d'autosuficiència com el UTMB (Ultra trail del Montblanc a Chamonix) o el famós Tour dels Geants (més de 300km en solitari i autosuficiència en Non-stop). Molts corredors no els importa quanta estona tardin en complir el recorregut, solament volen fer-ho.

Amb l'increment d'aquest esport, els participants han d'entrenar molt més i han vist com al mercat han aparegut tot tipus de calçat esportiu per afrontar els diversos terrenys. Soles gruixudes o més toves, amb més o menys amortiment, i que són molt més pesades que no les de córrer en asfalt. I evidentment, la tendència del minimalisme també ha arribat a la muntanya.

Avui en dia, solament cal mirar el calçat que duen els corredors en les sortides de qualsevol trail internacional, o de qualsevol poble proper a Lleida, per adonar-se de la quantitat de

possibilitats i opcions que tenim a les nostres mans. Això es dona per que cada cop els "trail runners" busquen la comoditat, la lleugeresa i la durabilitat del calçat de running.

El dubte és si realment tots estem capacitats per afrontar un canvi cap al minimalisme i poder ser competitius sense haver de preocupar-nos per l'aparició de lesions, aconseguint millorar en quant a nivell propioceptiu i la força intrínseca del peu.

En paràgrafs anteriors, es menciona l'evolució que han anat fent els corredors per tal de voler arribar fins al minimalisme o el barefoot. A mesura que es llegeixen articles i es recopila més informació, no podem deixar de preguntar-nos com pot ser que cada cop estiguin dient que dur el calçat no és beneficiós per als nostres peus, i no deixem el seu ús en un pla secundari. És possible que un factor determinant sigui la transició que hem de fer per poder tenir un bon ús d'aquest tipus de calçat, no hi ha massa bibliografia que ajudi a tenir una idea clara, ni tampoc quin pot ser el millor programa d'entrenament per evitar que ens apareixi alguna lesió no desitjada. En observar la falta de documentació per poder fer un bon plantejament penso que seria ideal poder marcar certs criteris per tenir, almenys, una bona eina per controlar aquest canvi de calçat.

Com ja he comentat, cada cop hi ha un increment de persones que competeixen i que ho fan per diversos motius com una millora cardiovascular, aconseguir reptes personals i descobrir quins són els límits que els pot atorgar el seu cos i la seva ment. Em centraré en el perfil de les curses de muntanya ja que en els últims anys hi ha hagut un a especial predilecció. Com a entrenador de diversos grups de corredors, vaig fixant-me que en força casos, no duen l'adequada preparació física, ni mental, per afrontar aquests reptes. Segurament tots aquests punts afavoreixen en la dada demolidora que mostra que en els últims 10 anys, en la pràctica del trail running, s'ha passat del 12% al 56% de corredors que han sofert algun tipus de lesió (7), a més a més, es pot observar en la seva prevalença, segons les característiques del treball dels corredors, la seva experiència i la seva morfologia. Sempre anem a buscar quina ha set la conseqüència més directa de la lesió, tot i que en molts casos no en tinguem ni idea, acabant, molts cops, de donar la culpa al calçat o la forma d'entrenar.

● EL CALÇAT MINIMALISTA I "BAREFOOT".

Com a causa de l'augment del volum de corredors amateurs, hi hagut un increment en lesions associades en aquesta pràctica. Per tant, molts d'aquests practicants es devien preguntar si era culpa del tipus de calçat que utilitzaven, o si era possible l'ús d'un calçat alternatiu, com per exemple minimalista o fins i tot, anar descalç o amb xancletes específiques (barefoot).

"Si pensem que correr descalç és una moda passatgera, llavors ens trobem en una moda passatgera de fa més de dos milions d'anys" (2)

Des d'un inici, l'ésser humà ha corregut i caminat grans distàncies descalços (així doncs no crec que sigui una moda), la qual cosa ens ha dotat d'uns mecanismes anatòmics i biològics per poder tenir un millor funcionament i desenvolupament (Tendó d'aquiles, sistemes termoreguladors, sistemes d'equilibri i propiocepció, entre d'altres).

Lieberman (2) va escriure, en el seu article, que aquest fet és el que va acabar de fer-nos humans, ja que ens va dotar de la possibilitat de desplaçar-nos per ser cultura nòmada i per poder recol·lectar els nostres aliments, passant a tenir un desenvolupament cerebral de 500g a l'inici, fins a poder evolucionar als 1500g que pesa el cervell humà en l'actualitat. El fet que l'home pot recórrer grans distàncies descalç, es va constatar quan el 1960, Abebe Bikila va guanyar la marató dels Jocs Olímpics de Roma batent el rècord del món corrent descalç, i el 1985, Zola Budd, va batre el rècord mundial de 5000m corrent totalment descalça.

Daniel Lieberman (2), a través d'un estudi amb corredors descalços, va demostrar que córrer sense calçat esportiu aporta uns beneficis que no es poden obtenir quan en correm amb un. Ens va il·lustrar que era més efectiu biomecànicament i metabòlicament.

Corrent descalços aconseguim que, per un efecte biomecànic de repartició de forces, el nostre cos tingui tendència a mantenir una línia d'equilibri més avançada, es a dir, que el peu entra a buscar l'impacte amb el terra amb l'avantpeu d'una forma més relaxada i més gradual, d'aquesta manera fa una transmissió cap al migpeu per llençar l'impuls molt més fluid, provocant que tot

el tren inferior entri en un millor funcionament global i que el nostre exercici sigui més complet, com a conseqüència, l'esforç està molt més distribuït.

Un altre autor, juntament amb Lieberman, Gallozi (8) va mostrar que corrent descalços som capaços d'aprofitar tota la cinemàtica del maluc així com la flexibilitat de l'arc i la fascia plantar per efectuar un millor impuls.

Un fet diferencial de córrer sense calçat, és el d'haver de reduir la longitud de la gambada; però se n'augmenta la cadència, i al dur el centre de gravetat més baix, hi ha una reducció del consum d'energia. Així doncs, els calçats esportius moderns de running no fan res més que impedir-nos els moviments naturals del peu, que són bàsics en la biomecànica en la carrera i alteren l'amortiguació, el suport i el control de la pronació i la supinació.

També ens limita la propiocepció, la qual s'encarrega d'activar els nostres reflexos i ajuda al nostre sistema nerviós central a prendre decisions a l'hora d'estabilitzar el cos, pel qual possiblement es podrien evitar algunes lesions, especialment les provocades per l'estrès repetitiu.

Encara que no estigui provat per cap estudi rigorós, l'ús de sabates des de la nostra infància segurament provoca un debilitament permanent de les nostres estructures dels peus, disminuint la funció d'estabilitat i altres funcions bàsiques (2). Sinó, fixem-nos en estudis que mostren que hi han poblacions descalces que tenen percentatges molt baixos de gent amb peus plans o altres anomalies (9). Així doncs la forma de córrer descalç és l'original de la nostra espècie, ja que, quan el corredor impacta amb el terra amb la superfície del peu, aquest tendeix a recolzar la zona més propera a la base dels dits, provocant que el peu s'aturi un instant, permetent el moviment natural (10). El calçat de running ens obliga a talonejar i encara que duguin amortiment, patim força més la tensió dels constants impactes, especialment als genolls.

Lieberman (2) afirma que el calçat altera la petjada natural. En talonejar, la sola absorbeix el cop i, com a conseqüència, origina una reducció de la força d'impacte que debilita els músculs del peu i genera una falta d'informació propioceptiva que ens pot fer més propensos a lesions. El

calçat amortit condueix als òrgans sensitius a un estat neutre de sensibilitat (11). Per aquest motiu, Hanson i Gallozzi (12) afirmen que córrer descalç millorarà la propiocepció. El nostre sistema sensorial tindrà la capacitat d'adaptar-se al terreny i fer enllaçar el nostre amortiment natural format per turmell - genoll - cadera.

És per això que s'introdueixen dos nous termes a tenir en compte, el **Barefoot i el minimalisme**.

1. **El Barefoot** és un terme anglès que vol dir "descalç". Consisteix en córrer sense cap suport artificial com són els calçats esportius tradicionals. Es busca deixar el peu i les seves articulacions totalment lliures per fer els moviments naturals. (2,8,12). En el Barefoot, entren en joc més estructures musculars que estan obligades a estar més actives, aportant major estabilitat, més força al tren inferior i a no patir tantes lesions ni dolors. Segurament no tothom comparteix aquesta teoria o potser no es veuen capacitats d'afrontar un canvi tan gran en poc temps. Aquí és on apareix el segon terme mencionat anteriorment, el minimalisme.
2. **El minimalisme** fa referència a qualsevol cosa que hagi estat reduïda solament al essencial, elimina tots els elements que siguin sobrants. En el món del running i el camp del calçat esportiu, els minimalistes es refereixen als corredors que duen calçat de correr però amb el mínim d'amortiment possible i els mínims reforços. També proporcionen al peu i al corredor, millor propiocepció, major control i un moviment natural per fer més forts els peus i poder disminuir l'aparició de lesions. (2,8,12) (Annex 1).

No tothom està capacitat per afrontar un canvi brusc al Barefoot, així doncs s'estableix un canvi progressiu amb l'ús de calçat minimalista. I és aquí on comença la veritable batalla entre les cases comercials de calçat esportiu per la pràctica del running donat que creen diferències amb els drops.

● EL DROP EN EL CALÇAT ESPORTIU.

Un dels factors que més pot predisposar a patir una lesió per culpa del calçat és el drop (13). Es tracta de la diferència d'alçada de la zona del taló i la zona del recolzament dels metatarsians. Dita diferència pot ser un factor facilitador de lesions en el peu en corredors amateurs, al ser el causant del canvi de la tècnica de carrera.

Segons Robert Gallo (12), del departament d'Ortopèdia i Rehabilitació del Medical Center de Pennsylvania, el percentatge de lesions per carrera s'incrementa quan el quilometratge setmanal supera els 60km setmanals. Assegura que el 50% dels corredors que participen en proves populars patiran, de mitjana, una lesió relacionada amb el traumatisme propi de la carrega de la carrera.

Per començar a córrer, tothom adquireix un calçat esportiu sense valorar les possibles característiques d'aquest. Alguns corredors tindran present el factor econòmic, ja que en l'actualitat els preus s'han vist incrementats en un 200%, i d'altres, el factor estètic o de comoditat.

Hall JP et al. van demostrar (13) que els drops majors de 10mm podien incrementar la tracció del tendó d'Aquiles, produint una tendinopatia del mateix. Ferran Espejo (14) també va argumentar que una fascitis plantar pot produir-se si s'incrementa l'ús de calçat esportiu amb drops superiors a 8mm.

● BIOMECÀNICA I CINEMÀTICA DEL PEU DURANT LES FASES DE LA CARRERA.

La biomecànica de la carrera es pot dividir en dos components: la cinemàtica de la carrera, la forma com es pot moure el cos; i la cinètica de la carrera, relació entre els moviments i les forces que generen. Per comprendre les diferències cinètiques s'ha de tenir present 3 possibles formes de contacte amb el terra en la fase inicial (FI) del cicle de la carrera.

Tradicionalment s'ha considerat el cicle de la xafada com una unitat bàsica d'avaluació i anàlisi de la marxa i la carrera. Es considera que un cicle s'inicia en l'instant que un dels peus entra en contacte amb el terra i finalitza quan aquest mateix contacta de nou. Les fases tenen diferents noms segons el temps. La primera d'elles, normalment, és la **fase inicial** (FI) o de contacte inicial, aquesta s'acaba en l'instant que s'inicia l'impuls i comença la **fase de vol** (FV) i finalitza amb el recolzament altre cop amb la **fase de terra** (FR). La principal diferència entre la marxa i la carrera és l'eliminació del doble recolzament en la fase d'oscil·lació, tenint una fase de vol més llarga. Durant la carrera hi ha una activació de molts més grups musculars que en una fase normal de marxa. El tríceps sural (soli i gastrocnemis lateral i medial) i el tibial posterior estan actuant constantment per limitar o controlar els moviments del peu.

Durant la carrera, la mecànica obliga al peu a comportar-se de forma diferent. La musculatura es veu obligada a activar-se molt més per tal de poder convertir-lo en una estructura rígida i estable. Una classificació és: (2, 10)

- Moment de l'impacte en fase inicial

- El maluc i el genoll continuen flexionats

- **FI amb taló (carrera de taló als dits):** El taló contacta amb el terra en primer lloc, amb el peu per davant del genoll i del maluc, amb el genoll lleugerament en extensió i amb una dorsiflexió, inversió i abducció del turmell. El tacte es realitza sobre la zona central i lateral del taló. A mesura que s'avança el centre de gravetat, s'inicia la flexió plantar. Finalment l'arc plantar està completament carregat.

- **Fl dels metatars (Dos dits – taló – dos dits):** Els metatars contacten inicialment amb el terra, o almenys la part davantera del peu, amb el genoll més flexionat i amb una major flexió plantar del turmell, pre-activant els flexors plantars abans de la frenada amb el contacte al terra, creant, com a conseqüència, una petita inversió. Normalment es recolza amb el cap del IV o V Metatar, ajudant una dorsiflexió i eversió del turmell en l'instant del primer contacte per acabar donant un millor encaix al turmell i al genoll.
- **Fl part mitja del peu:** Es dona una cinemàtica variable que ubica la petjada amb característiques de les dues anteriors.
- **Moment de l'impacte**
 - **El genoll i la maluc es flexionen:** En l'instant que el turmell fa la flexió plantar, l'avantpeu fa un descens. Durant la baixada del taló, els músculs del tríceps sural i el tendó d'Aquil·les fan una contracció excèntrica, disminuint la velocitat en el descens.
- **Peu pla en el recolzament total**
 - **El genoll i la maluc continuen amb una flexió:** El turmell es dorsiflexiona per deixar que la cama oscil·li cap endavant anterioritzant el centre de gravetat del cos. El turmell ha d'estabilitzar-se, activant la musculatura de la cama. D'aquesta manera s'evita la tendència a pronar.
- **Inici de l'enlairament. Tracció de l'alux o dels dits.**

El turmell genera una força contra la base dels caps dels metatarsians que fa perdre el contacte del taló amb el terra. Els músculs de la cama i els flexors plantars comencen a escurçar-se.

Estudis relacionats directament amb la carrera, han demostrat que un dels músculs més importants que pot variar el seu comportament excèntric a causa de la fatiga, és el tibial posterior (dit múscul és clau per el control de l'eversió del retropeu i del recolzament dinàmic a través de la part mitja i davantera del peu, durant la fase de recolzament de la marxa). Si aquest es fatiga pot portar un desequilibri en la repartició de forces a la planta del peu. Per tant, no

solament tindrem en compte la musculatura intrínseca dels peus durant el transcurs de la transició al calçat minimalista.

En ocasions veure'm corredors utilitzant algun d'aquest recolzaments durant els entrenaments i les curses, el més important és aconsellar sobre la tècnica de carrera i no voler canviar-la d'un dia per l'altre. No hi ha un estil més o menys perfecte, però segons Daod es pot afirmar que (10) en els corredors de llarga distància hi ha 2'5 vegades més de lesions en tots aquells que utilitzen el recolzament inicial de taló i no el de l'avantpeu. És per aquest motiu que l'adaptació pot tenir un caire important per tots aquells que vulguin fer un canvi d'estil.

– Deformacions dinàmiques en la biomecànica de l'arc plantar durant la marxa.

Durant la marxa, l'arc plantar estarà sotmès a forces i deformacions constants que mostren el caire d'amortiment elàstic. Es diferencien en 4 fases (descripció d'un recolzament inicial amb el taló) (15, 16):

- Primera fase: contacte inicial amb el terra.

La cama es llença endavant el turmell i queda alineat o en una lleugera flexió dorsal a causa dels flexors del turmell. El primer contacte pot ser mitjançant el taló i tot seguit, amb l'impuls de la cama, la resta del peu pren contacte amb el terra.

- Segona fase: contacte màxim amb el terra.

Tota la planta del peu entra en contacte amb el terra, la qual representa la petjada. El cos passa per sobre i cap endavant del peu recolzat (recolzament unilateral). En aquest moment tot el pes corporal recau sobre l'arc plantar i l'aplana. Simultàniament, la contracció de tots els flexors plantars s'oposen creant resistència a aquesta acció (primer efecte d'amortiment); l'arc queda lleugerament estirat. En aquest recolzament s'avança cap anterior, creant més pressió sota la base dels metatarsians, reduint-se el recolzament posterior de taló.

- Tercera fase: impuls motor inicial.

El pes del cos està per davant el peu de recolzament, llavors, la contracció de la musculatura extensora del turmell, especialment la del tríceps sural, va elevant el taló. En

el moment en que l'articulació tibiotarsiana comença l'extensió activament, l'arc plantar realitza una rotació al voltant del seu recolzament anterior. Un conjunt de músculs, molt potents, ajuden que el cos es desplaci cap endavant. No obstant, l'arc plantar es troba enmig de diferents tensions; el terra per anterior, la força muscular per posterior i el pes de tot el cos en la zona mitja de l'arc. Sense l'intervenció dels flexors plantars quedaria totalment aixafada contra el terra. És el segon amortiment que permet reservar la força mecànica del tríceps sural per restituir-la al final de l'impuls.

- Quarta fase: motor impuls secundari.

L'impuls del tríceps sural s'allarga a causa d'un segon impuls, provinent de la contracció dels flexors dels dits i el flexor propi del dit gran del peu. El peu continua el desplaçament cap anterior, solament contactant amb els tres primers dits en la fase final. En aquest impuls, els flexors dels dits del peu continuen amb la funció d'evitar que tot l'arc plantar s'ensorri.

LA CARRERA I LES LESIONS PER SOBRECÀRREGA

En els últims anys, hi ha hagut un increment del volum de participants en les curses de llarga distància, però no oblidem que córrer comporta estar exposats a lesions, especialment del tren inferior, i que avui en dia una gran part de corredors són esporàdics i acostumen a participar en curses de llarga distància sense estar ben preparats físicament (17, 18). Les lesions més comuns són com a conseqüència del sobre ús i traumatismes durant la carrera, amb un 19% i 79% respectivament. (19, 20)

Quan s'analitza l'índex lesiu en el running, existeix una variabilitat important per diverses raons, com pot ser la definició de la lesió, el mètode d'evaluació de la lesió, el disseny de l'estudi i la durada del seguiment (21). Com mostren Lopes, Hespanhol i Costa (22) la ratio d'incidència de lesió varia del 18,2% al 92,4%, i es produeixen de 6,8 a 59 lesions per cada 1000 hores d'exposició a la carrera. Concretament indiquen que en 12 setmanes de seguiment, alguns corredors amateurs presenten una incidència del 31% o de 10 lesions/1000hrs de carrera. En aquests casos, la lesió amb major prevalença és la fascitis plantar (17,5%) i altres són el síndrome d'estrés medial (periostitis) i la tendinopatia aquilea.

Un corredor pot fer 600 passos aproximats per realitzar un kilòmetre. Si tenim present que per fer, amb garanties, una trail de llarga distància s'ha d'entrenar un volum mínim de 30 a 50km setmanals, aquest corredor farà un parell de milions de passes. Així doncs, la incidència per patir una lesió per una sobrecàrrega agafa valors entre el 19,4% fins al 79,3% (21). L'etiologia de les lesions pot ser diversa però es té molt en compte que alguns dels problemes poden sorgir, en primer lloc, per l'acumulació de microtraumatismes durant els entrenaments; i en segon lloc per la falta de repòs o sobre entrenament dels corredors. Malisoux va identificar que tots aquells corredors que havien sofert algun tipus de lesió, en el moment de retornar als entrenaments, tenien un factor de risc més elevat per recaure si no controlaven les carregues de treball i volum (22,23).

És evident que l'edat, el pes i el gènere són factors intrínsecs que cal tenir en compte, no obstant, en aquest estudi, s'intenta analitzar altres variables biomecàniques de la carrera com la durada de la petjada, la velocitat i la força que s'exerceix en l'instant del recolzament inicial com en la propulsió.

En el cas que el corredor de trail vulgui fer una transició adequada, haurà de tenir en compte aquests factors intrínsecs, doncs en alguns estudis s'ha demostrat que alguns atletes alteren la seva manera de propulsar-se en aquelles curses, de llarga distància, que superen els seixanta minuts. (24).

Hi ha una gran heterogeneïtat en quant les lesions associades als corredors en les extremitats inferiors, però se'n destaca l'alçada de l'arc plantar com a gran factor intrínsec per patir alguna lesió per sobrecàrrega. Un exemple és que amb un arc plantar més elevat es pot patir més risc de lesions de turmell, fractures per estrès, àlgies anteriors de genoll i lesions que afecten a estructures laterals de les cames. Mentre que amb un arc plantar més baix, han demostrat patir un major risc d'estrès medial a la tibia, àlgies de genoll i lesions en estructures internes de teixits tous. (25,26).

- Les lesions i el contacte inicial de taló.

Un alt percentatge dels corredors actuals, entrenen i competeixen en curses populars per afició i per que els agrada la pràctica del running. Els resultats estadístics actuals mostren que un 89,9% fan FI amb el taló durant carreres de llarga distància (la més utilitzada en la majoria de corredors (27), un 3,4% recolza el migpeu i el 1,8% l'avantpeu (28).

La recepció amb el taló genera un pic d'impacte momentani que multiplica la càrrega corporal fins a 3 cops. Aquesta, incrementa la taxa de corredors que pateixen un risc agut de lesió (10). Si aquest recolzament es pot canviar en una zona més anterior de la base del peu, l'índex lesiu disminueix substancialment, reduint la càrrega directa als genolls i obligant a treballar molt més en excèntric la musculatura flexora plantar del turmell per amortir l'impacte inicial (2).

Amb el canvi de recolzament, el turmell és l'encarregat d'absorbir totes les forces en excèntric de l'impacte i augmenta el treball de totes les estructures que s'encarreguen de la seva estabilitat (La musculatura, els tendons, els lligaments, la càpsula articular i els metatarsians). Si la transició no és progressiva i adequada, poden aparèixer lesions per sobrecàrrega (29).

Si el corredor aconsegueix aquest canvi en la tècnica de carrera, és possible que mostri un augment en la freqüència de la passa, disminuint el temps de contacte amb el terra, el temps en fase de vol i la durada del pas. (30, 31)

- Lesions associades a una mala transició al calçat minimalista.

Molts atletes estan declinant-se cap a l'ús del calçat minimalista, no perquè realment mostri uns beneficis importants sinó per curiositat i ganes d'experimentar i intentar exprimir el seu propi rendiment. Aquesta filosofia està creixent en popularitat i cada cop es van realitzant més estudis relacionats amb l'ús d'aquestes sabatilles i la seva relació amb la prevenció de lesions. (32,33)

S'ha descrit que l'ús d'aquest calçat pot canviar la cinemàtica de la petjada durant la carrera, ajuda a millorar el rendiment i disminuir la fatiga i les lesions (2,15,31). En el trail running hi ha el petit inconvenient que el terreny és totalment irregular.

La literatura actual exposa que hi ha unes lesions que tenen principal incidència en els corredors que busquen una transició al calçat minimalista (20,21). Aquestes són:

- Tendinitis del tibial posterior.
- Fractures per estrès a la base dels metatarsians.

- Fascitis plantars.
- Síndrome d'estrès tibial o periostitis.

Totes elles presenten etiologies diferents, però tenen una característica en els casos dels corredors. Poden aparèixer per culpa d'un sobre ús o per un falta de repòs posterior a competicions o entrenaments de llarga distància.

És possible que un canvi brusc del calçat esportiu pugui ocasionar alguna d'aquestes lesions, la qual cosa pot comportar, no només alteracions cinemàtiques, sinó també de pressions en estructures articulars, que possiblement no estan preparades per exercir algunes quantitats de força (34).

Tam i Astephen (35), demostren que, en alguns subjectes en els que es realitza adaptacions, continuen executant el mateix patró de petjada tot i canviar de calçat. Si no hi ha una modificació de la tècnica de carrera, ni es restableix el patró de moviment, els corredors incrementen el risc de lesió.

Podríem dir que si tots els usuaris que corren amb calçat minimalista, experimentessin millor l'hàbit de córrer amb un recolzament de l'avantpeu o de la zona mitja, podria suposar una disminució del risc de lesió (10). Però no tots els corredors tenen la capacitat o les habilitats per fer aquesta variació ràpidament, o bé d'acomplir un treball complementari de força. Llavors, es tindrà en compte la dificultat que els pot suposar a nous corredors minimalistes mantenir una petjada en zona anterior de recolzament (35).

Per aquest motiu, s'ha de ser escrupolós i crític en l'adaptació, i no deixar que hi hagi un alt volum de treball innecessari que pot dur al corredor a suportar una lesió de llarga durada. Algunes intervencions han descrit dades positives, com poden ser menors aplicacions de càrrega i pics d'impactes, incrementar el volum muscular de les extremitats inferiors, proposar treballs específics de flexibilitat i força del peu (36, 37).

Així doncs, llegint algunes dades i veient resultats d'altres articles, ens basarem en intervencions ja realitzades que han pogut tenir part d'èxit. Una d'elles és l'aplicació d'un programa de 12 setmanes d'adaptació, per tal de minimitzar els riscos i controlar els volums d'entrenament.

En aquest estudi es decideix fer una progressió més llarga per minimitzar els riscos de lesió i aconseguir una transició segura. Matthew (37) va descriure que alguns atletes van patir major nombre de lesions les primeres 5 setmanes, obligant-los a disminuir el seu ritme i volum d'entrenament.

En ocasions, si el resultat ha de ser satisfactori, no importa el temps que hagin de dedicar si tenen la capacitat de poder aconseguir l'objectiu desitjat.

● BIOMECÀNICA AMB CALÇAT MINIMALISTA I CARACTERÍSTIQUES DEL RECOLZAMENT.

El sol fet de dur calçat minimalista o tradicional ja fa intuir que alguna cosa ha de succeir a la biomecànica de l'extremitat inferior de cada individu durant la carrera. A causa d'un increment en l'índex de lesions que pot patir cada corredor, aquests decideixen provar de fer un canvi a una tècnica més conservadora.

De les diferències biomecàniques entre els dos tipus de calçat, la més significativa i la que possiblement és més visual, és el punt de recolzament del peu en la Fase Inicial (FI). Essent la zona del taló, amb el calçat tradicional i la zona del cap dels metatars, amb el calçat minimalista. Aquest recolzament ajuda en la transmissió de forces al turmell.

L'implicació biomecànica en l'extremitat inferior en el barefoot o minimalisme pot produir canvis com: més flexió del genoll en la fase de vol, aportant menor dorsiflexió del turmell en el contacte inicial. Aquesta variació fa que el turmell hagi de treballar més en la recepció al terra i no pas de traspasar la càrrega al genoll o al maluc. Però no solament es veuran afectats aquests canvis sinó, a més a més, la longitud i la freqüència de la gambada durant la carrera, amb la qual cosa estem davant d'un canvi en la tècnica de carrera. Sembla ser que la recepció amb els metatarsians ajuda a disminuir el pic de força vertical o l'impacte transitori inicial, podent reduir la càrrega articular del genoll i com a conseqüència fent que el risc de lesions sigui inferior. Al mateix temps, el turmell té un treball més accentuat i s'incrementa la tracció i la força de la musculatura intrínseca del peu i dels flexors plantars.

Tots aquests canvis en l'ús del calçat minimalista o barefoot promouen un increment de la retroalimentació sensorial (el feedback) a nivell propioceptiu, en les habilitats coordinatives i en la força muscular del peu (19). Possiblement, a l'inici, el canvi de calçat en un període de temps molt curt pot provocar un augment del treball de la musculatura intrínseca del peu, creant més tensions musculars i situacions d'estrès mecànic que poden convertir-se en lesions de llarga durada si no es tenen en compte.

Un concepte que encara no s'ha descrit és el "**leg stiffness**". És un terme per poder definir el tipus de flexibilitat o de plasticitat durant el període de carrera. Si parlem en termes d'eficiència podríem utilitzar el "leg stiffness" per entendre l'alliberació d'energia durant les recepcions amb diferents tipus de calçats i quina eficiència pot tenir el corredor.

La tipologia de calçat afecta a aquesta plasticitat. Si disposem d'una superfície més o menys rígida hi ha articulacions que tindran major activació a diferència d'altres. Aquest gest, en ocasions, pot dur als corredors a patir sobrecàrregues, malestar i en ocasions fractures per estrès. Si ho analitzem segons el calçat que duu el corredor, hi haurà un "leg stiffness" diferenciat.

En una FI amb el taló, es necessari que el turmell sigui més rígid i el genoll sigui més flexible per poder absorbir millor la càrrega del primer impacte. Per contra, en una FI amb els metatarsians, el turmell pot ser més flexible i serà el genoll qui presenti més rigidesa muscular/articular. Així doncs, els entrenadors hauran de tenir-ho molt present per poder fer canvis en l'activació muscular i preparar físicament els corredors per afrontar els canvis de manera progressiva.

Durant una carrera es poden donar tres recepcions inicials possibles que poden modificar-se segons el terreny on s'estigui corrent. No serà el mateix córrer en una carretera asfaltada, que enmig d'una zona boscosa i amb una superfície de terreny tova. Aquesta gran diversitat a l'hora d'escollir la superfície d'entrenament porta a les empreses a crear una varietat de calçat preparat per tots aquells corredors que vulguin fer el canvi sense perdre l'essència del "barefoot". No tothom pot tenir una ràpida adaptació, així que les empreses creen calçats minimalistes amb el mínim de material per garantir una protecció per al peu i evitar que els canvis bruscos i massa sobtats puguin ocasionar alguna lesió (8).

● COMPORTAMENT DEL MEMBRE INFERIOR DURANT UNA CARRERA AMB CALÇAT MINIMALISTA.

En l'apartat anterior s'ha d'escrit com afecta en el membre inferior l'ús d'un calçat minimalista. En aquest punt es descriurà el comportament de l'extremitat inferior amb l'ús d'aquest calçat (39).

Segons el primer recolzament, es diferencia l'activació muscular anterior o posterior durant la càrrega inicial. Aquest canvi no sorgeix solament en utilitzar un calçat minimalista amb més o menys sola, més o menys drop o més amortiment. Però amb l'ús repetitiu i el canvi forçat poden aparèixer sobrecàrregues que si no s'eviten porten als corredors a patir alguna lesió.

Per altra banda, tenim els efectes que ocasiona el calçat en la cinemàtica del peu dels corredors amb una FI amb retropeu o d'avantpeu. En el primer d'ells, l'articulació tibioperoneoastragalina comença amb una flexió dorsal per passar a una flexió plantar i arribar en una posició completament plana contra el terra. Per contra, amb la FI de l'avantpeu, el turmell ja parteix d'una posició de flexió plantar. Aquest petit gest biomecànic pot causar una diferència en quant al temps que està un corredor recolzant el peu contra el terra, perdent més temps i gastant més energia. En curses de poca distància afectarà en la capacitat de poder desplaçar-se amb més velocitat i més eficiència, i en curses de llarga o ultra distància afectarà en el consum muscular i energètic (39).

En quant a l'arc plantar del peu hi ha una diferència força significativa. Doncs en el recolzament de l'avantpeu, hi ha la presència de tres punts on el corredor ha de traspasar la seva força vertical de l'impacte: primer, en la base del cap dels metatarsians, on aquesta serà ascendent; segon, en la línia vertical de calcani-astràgal-tíbia serà descendent i tercer, en el tendó d'Aquil·les, que també serà ascendent, transmetent la força cap al genoll (39).

Aquests tres punts poden provocar una caiguda més forta de l'arc plantar i més necessitat d'energia per elevar-lo. En el cas dels corredors que fan una fase inicial de retropeu, dels punts de força que generen, solament dos van en direccions directes cap al cos (ja sigui ascendent o descendent).

La zona de la base dels metatarsians quedarà més alliberada en el moment de la recepció, ja que la força que es genera en l'arc plantar és mínima en el primer contacte amb el taló, provocant una primera força ascendent cap a la tibia i genoll. La següent és crea enmig del turmell i serà el punt on recaurà tot el pes del cos (39, 40).

● LA PROPIOCEPCIÓ I L'EQUILIBRI AMB L'ÚS DEL CALÇAT MINIMALISTA.

La **propiocepció** es defineix com la capacitat de captar la posició de l'articulació conscientment i inconscientment, a més a més de captar la sensació de moviment articular en l'espai i el rang de moviment que s'involucra. Per altra banda, el **control neuromuscular** es basa en una planificació de moviments basats en la informació sensorial d'experiències ja viscudes i de feedbacks musculars. Aquest control és el que s'encarrega de donar resposta a tota la informació que rebem gràcies a la propiocepció de les articulacions i el que modifica el gest a realitzar per estabilitzar una posició. Finalment tenim l'**equilibri**, definint-lo com la capacitat de mantenir el centre de gravetat en la part mitja de la base de sustentació del cos. S'aconsegueix gràcies a un estat de contracció muscular contínua, en el que intervenen l'aparell locomotor i el sistema nerviós central (41).

Els tipus d'equilibris són els següents (41):

- **Equilibri estàtic:** El cos està en repòs i equilibrat. Sotmès solament a l'acció de la gravetat.
- **Equilibri cinètic:** El cos està sotmès a moviments de translació lineals i uniformes de forma passiva. Actuen conjuntament la força i la gravetat en la translació.
- **Equilibri dinàmic:** Quan una persona realitza moviments parcials o totals del seu propi cos per canviar de posició en l'espai i el temps. Actuen conjuntament la gravetat i forces de direccions diverses per crear el moviment.

Els atletes de trail running han d'adquirir aquestes qualitats i millorar-les per fer-les molt més potents i efectives en el moment d'aplicar-les. En aquesta modalitat, l'equilibri i la propiocepció tenen molta importància. Des de l'inici, els corredors comencen a córrer en superfícies totalment irregulars, canviants i de terrenys diferents. Aquest fet obliga a estar tota l'estona amb

la ment activa i modulant durant tota la carrera com posicionar el cos per fer-lo més eficient i desplaçar-lo amb més velocitat.

En curses de llarga distància, la fatiga va alterant la capacitat de percepció dels corredors, altera el temps de reacció i pot ser desencadenant de patir una lesió. Les marques de calçat esportiu creen diferents models amb soles més gruixudes i amb més amortiment per donar comoditat als corredors, però en alguns casos, els problemes els poden desencadenar perquè van disminuint la capacitat de percepció del terreny a través del peu. Així doncs, el calçat minimalista, el que busca és donar més sensació de percepció del terreny disminuint el gruix de la sola i incrementar la capacitat perceptiva dels corredors. Com a conseqüència, el seu equilibri és més fàcil de controlar i d'entrenar per treure el màxim rendiment i les millors prestacions.

Durant els entrenaments poden transcórrer lesions que afecten la integritat física i obligar a interrompre'ls conjuntament amb les competicions. Així doncs, per entrenar el control neuromuscular és necessari un treball de prevenció i d'exercicis funcionals per la pràctica esportiva.

Es pot afirmar que després de lesions articulars, els mecanoreceptors queden alterats, i si no es rehabiliten correctament, existeixen altes probabilitats de reincidir en la lesió i deteriorar progressivament l'articulació.

Mitjançant els entrenaments de propiocepció, els corredors poden aprendre a millorar els seus reflexes, millorar els estímuls facilitadors i reduir les inhibicions que alteren la informació.

Per tal de poder valorar l'equilibri i el control postural, és necessari l'ús de **plataformes de força dinamomètriques**. Dispositius que poden mesurar les magnituds vectorials de les càrregues a les que estan sotmesos els objectes (en aquest cas el cos dels corredors). Es poden utilitzar per estudis dinàmics (córrer, saltar o caminar), i estàtics (postura corporal i desplaçament del centre de gravetat). Mitjançant les plataformes de força es poden obtenir senyals i corbes en el temps que ajuden a analitzar paràmetres en persones sanes, esportistes i alguns amb patologies .

Per aquest estudi, la plataforma piezoelèctrica serà ideal per les proves d'impacte (marxa, salts i moviments). El seu component principal és un material piezoelèctric, que, amb l'aplicació d'una càrrega externa, genera una diferència de potencia proporcional a l'aplicada i, amb la forma com aquesta es produeix, actuant de forma instantània per donar la informació dels elements analitzats en el mateix moment de la realització dels exercicis.

2 – HIPOTESIS

És beneficiós implementar un protocol controlat de sis mesos de durada amb una transició adequada, passant del calçat tradicional a un de minimalista, millorant la propiocepció del peu, incrementant el volum en la musculatura intrínseca dels peus i evitant l'aparició de lesions associades a una mala transició a aquest tipus de calçat o per massa volum d'entrenament amb les bambes minimalistes.

3 – OBJECTIUS

● PRINCIPALS:

- Desenvolupar un protocol per la transició de calçat esportiu tradicional al calçat minimalista en atletes que vulguin usar-lo en curses de muntanya controlant les variables de propiocepció, volum muscular intrínsec dels peus i la prevenció de lesions associades.

● ESPECÍFICS:

- Comparar el canvi propioceptiu que poden generar els atletes durant la transició al calçat minimalista.
- Comparar l'aparició de canvis cinemàtics en la tècnica de carrera durant els entrenaments.
- Quantificar l'increment del volum inicial de la musculatura intrínseca en els peus dels atletes a partir de RM (Ressonància magnètica) realitzades durant la intervenció, respecte al volum final post intervenció.
- Disminuir l'aparició de lesions associades per una mala transició als corredors que intervinguin en el protocol de l'estudi.

4 – METODOLOGIA

● DISSENY.

“Estudi experimental prospectiu analític amb intervenció aleatoritzada”

Després d’una cerca bibliogràfica, s’han trobat molt pocs articles on es descriguin protocols per recomanar quina pot ser la transició més adequada a un calçat minimalista en corredors, principalment de carretera (10 kilòmetres, mitges maratons i maratons) (42, 32). No obstant, no s’ha trobat cap article que faci referència a protocols similars al “trail running”. Per la qual cosa, aquest projecte/estudi intentarà formular la redacció d’un protocol al calçat minimalista.

L’estudi tindrà un anàlisi qualitatiu i quantitatiu amb una durada de sis mesos. Es valorarà quinze corredors (de “trail running”), escollits de forma aleatòria. A més, se’ls controlarà durant tota la intervenció.

Els resultats que se’n puguin obtindre seran de gran utilitat, doncs encara no s’ha creat mai una periodització per arribar a usar un calçat minimalista en curses de muntanya de curta/llarga durada.

● SUBJECTES D'ESTUDI.

Per escollir els membres de la mostra és necessari que compleixin uns criteris d'inclusió específics. El sexe és indiferent, però han de ser corredors acostumats a entrenar, individual o col·lectivament, entre 3 i 4 sessions i un volum mínim de 30km setmanals (43).

Tots ells han de córrer la modalitat de trail i tenir experiència en un mínim de 3 curses superiors a 40km i desnivell de 2000m positius. El tret diferenciador amb corredors d'asfalt és el costum a desplaçar-se en zones de muntanya per fer els entrenaments, assegurant-nos que compliran amb els exercicis previstos durant la intervenció. Normalment, aquests atletes disposen d'un rellotge amb Sistemes de Posicionament Global o GPS per realitzar els entrenaments i les curses. Amb ell es podrà enllaçar els entrenaments i tenir les rutes marcades per quan els toqui entrenar-les.

Altres característiques que ha de presentar aquesta mostra és una edat que compregui dels 20 anys als 40, ja que a partir dels 40 anys és més fàcil que puguin patir una lesió associada amb l'ús del calçat minimalista (44) i una morfologia corporal amb un índex de massa corporal (IMC) d'entre 18,5% i el 20,5% (Annex 2). En individus amb índex superiors al 21%, el seu pes pot ser un factor que provocaria una lesió associada al calçat minimalista, perquè si el volum corporal és molt elevat, el pes podria provocar que l'individu tingui que suportar molta més càrrega a l'arc plantar. Si a més a més, sumem que el calçat minimalista disposa de menys subjecció i amortiment, serà més difícil estimar una progressió adequada.

Al ser una mostra aleatòria, els membres escollits han de poder complir distàncies de 2500 a 3000m (homes) i 2200m a 3000m (dones) en el test de cooper, creant un grup més o menys homogeni en els ritmes de carrera, així s'evita que un d'ells sigui de nivell èlit i altres de nivell més baix. Cal recordar que aquest test valora la capacitat aeròbica, la qual ens pot donar referències si els membres de la mostra podran suportar els volums de carrega determinats al protocol. L'últim dels criteris serà que cap dels membres de la mostra hagi sofert una lesió de llarga durada en els últims dotze mesos, sent aquesta la causa de possibles reincidències.

Igual que s'ha de complir uns criteris per accedir a l'estudi, els investigadors hauran de controlar els criteris d'exclusió. No poden ser diabètics, evitant tenir complicacions al peu que puguin alterar variables a quantificar durant la intervenció (per exemple la propiocepció). Encara que en

les competicions hi hagin atletes de qualsevol condició física, en aquest estudi no podran accedir tots aquells corredors que presentin alteracions del sistema nerviós, ni trastorns de l'aparell locomotor. Els peus superiors a la talla 49 serà criteri d'exclusió pel sol fet de la dificultat que comporta trobar calçat específic d'aquesta talla. I per evitar conflictes entre els participants a l'estudi i els organitzadors, els corredors no poden estar inscrits en cap cursa de muntanya o cap circuit de trails.

Criteris d'inclusió:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Edat compresa entre 20 i 40 anys.
<input checked="" type="checkbox"/>	Estar en un IMC de 18,5% i 20,4%.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors que realitzen un mínim de 3 - 4 sessions a la setmana (en sala de gimnàs o muntanya).
<input checked="" type="checkbox"/>	Volums mínims de 30km setmanals.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors que realitzin de 2500m a 3000m (homes) i 2200m a 3000 (dones) en el test de cooper.
<input checked="" type="checkbox"/>	Que disposin d'un rellotge adaptat per introduir dades (favorablement un Suunto Ambit o Garmin fènix o forerunner).
<input checked="" type="checkbox"/>	Que hagin participat en un mínim de 3 curses de llarga distància (>40km).
<input checked="" type="checkbox"/>	Que no hagin sofert cap lesió de llarga durada en el tren inferior els últims 12 mesos.

Criteris d'exclusió:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tots aquells corredors que siguin diabètics.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors que presentin alteracions d'equilibri per una patologia del Sistema Nerviós.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors que presentin trastorns de l'aparell locomotor.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors que tinguin un número de peu superior al 49.
<input checked="" type="checkbox"/>	Corredors participants en algun circuit d'Ultra Trails o de Curses de Muntanya.
<input checked="" type="checkbox"/>	Individus que presentin comorbiditat general, orgànica, psiquiàtrica, dèficit de comprensió...

Un cop es tenen clars els criteris d'inclusió i d'exclusió, es procedeix a la selecció del nombre aproximat de corredors que necessitem perquè aquest estudi tingui certa importància. En aquest cas és un estudi que té com a objectiu el contrast d'hipòtesis.

L'objectiu del projecte és la redacció d'un protocol de transició al calçat minimalista comparant tres variables. Es decideix no treballar amb un grup control, tan sols s'aplicarà un protocol de treball i s'observarà que passa als corredors amb el transcurs del temps.

El mètode de selecció escollit per aquest estudi, serà a partir del probabilístic i amb un mostreig aleatori simple. Ens encarreguem de seleccionar una població important de tota la ciutat de Lleida. Aquesta la cercarem a través de clubs esportius, centres excursionistes i la possibilitat de comentar-ho en algunes curses durant la temporada. La mostra necessària i ideal per aquest estudi serà de quinze corredors, tots ells seran escollits aleatòriament d'un total de població.

Els punts positius d'aquesta selecció són la senzillesa i fàcil comprensió del mètode de selecció; el càlcul de la variància dels individus pot ser més ràpid; en basar-se en teories estadístiques, existeixen paquets informàtics per analitzar les dades. L'inconvenient que podem tenir amb la utilització d'aquest mètode, és que requereix un llistat complet de la població que volem escollir. Si escollim una mostra petita, com el nostre estudi, possiblement no representarà tota la població de Catalunya com correspondria, però solament es busca experimentar amb el protocol.

Així doncs, a través dels resultats del institut d'Estadística de Catalunya (Idescat) durant el 2016, com no hi ha una federació explícita sobre Trail Running, es selecciona el valor total de 4 federacions que normalment engloben a corredors de trail running per federar-se i obtenir cobertura sanitària. El total és de 57.889 fitxes federatives a tot Catalunya però no són solament de corredors. Malauradament les dades exposades no són del tot reals. Són valors de l'any 2016 i encara no han sortit publicats els del 2017. Aquests valors es mostren en el següent requadre: (45)

Federacions esportives 2016				
	Llicències			
	Clubs	Homes	Dones	Total (57.889)
Atletisme	140	7.357	5.429	12.786
Curses d'orientació	23	100	75	175
Entitats excursionistes	434	25.517	12.717	38.234
Esports d'hivern	84	4.134	2.560	6.694

En tractar-se d'un alt volum de fitxes federatives, solament ens interessarem per dos grups més selectius. Aquests seran el dels corredors d'entitats excursionistes, i en segon lloc, el de curses d'orientació. A la ciutat de Lleida hi ha la presència de les dues poblacions, així que es decideix escollir aquestes dues per buscar els corredors que compleixin amb els criteris d'inclusió, i també els corredors que vulguin formar part de l'estudi.

Una vegada escollim les dues entitats, calcularem el valor necessari de la mostra del projecte. El càlcul determina quina quantitat és necessària perquè la mostra sigui representativa i puguin extrapolar-se les conclusions finals. A través de la pàgina web de fisterra hi ha la possibilitat de calcular aquest valor. Així doncs, seria necessari un valor de quinze corredors perquè la mostra sigui representativa i les conclusions finals tinguin més valor.

Aquests quinze corredors s'escolliran segons els criteris d'inclusió. Pot semblar un valor petit però com que no es tracta d'un estudi en l'àmbit mèdic, no es necessita una mostra representativa de tots els corredors de Catalunya. El protocol de transició que executaran, serà un estudi experimental per corredors amb unes característiques específiques. En el cas que els resultats siguin satisfactoris, en un futur, es valorarà la creació d'un estudi molt més ampli, i poder fer referència a tots els interessats en el protocol.

COMPARAR DUES PROPORCIONS (Es vol comparar si les proporcions són diferents)	
	Indica el número del tipus de test
Tipus de test (1.unilateral o 2.bilateral)	2 BILATERAL
Nivell de confiança o seguretat (1- α)	95%
Poder estadístic	90%
P ₁ (proporció en el grup de referència, placebo, control o tractament habitual)	80%
P ₂ (proporció en el grup del nou tractament, intervenció o tècnica)	25%
TAMANY DE LA MOSTRA (n)	15
EL TAMANY DE LA MOSTRA AJUSTAT A LES PÈRDUES	
Proporció esperada de pèrdues (R)	2%
MOSTRA AJUSTADA A LES PÈRDUES	15

En seleccionar una mostra petita es podria definir alguns punts a favor. El primer d'ells, és que els responsables de coordinar aquest projecte, tindran més facilitats en controlar qualsevol imprevist i tots els problemes que puguin anar sorgint. El segon, és la possibilitat de disminuir el cost del projecte. Hem de tenir en compte dos factors que poden incrementar el seu preu, aquest són: en primer lloc, subministrar el calçat esportiu (cinc parells per persona). En segon lloc, han de realitzar una RM (Ressonància Magnètica) per cada corredor. Tots dos altament costosos si incrementa el nombre de corredors en la mostra definitiva.

En tercer i últim lloc com a punt a favor, escollir aquests corredors, ens assegura que no hi haurà pèrdues per què són corredors preparats i amb ganes d'entrenar. L'únic que ens pot ocasionar pèrdues serà, sempre i quant no pateixin lesions de llarga durada. Aquestes, no hi han d'aparèixer si el projecte està ben controlat i organitzat.(46)

● VARIABLES D'ESTUDI.

Una vegada ja s'ha pogut escollir la mostra, es formularan les variables que controlarem per la realització de l'estudi: La propiocepció, el volum de la musculatura intrínseca dels peus, la prevenció de lesions associades al calçat minimalista i adaptació a l'esforç.

- La Propiocepció:

En aquest estudi una de les variables més importants a controlar serà la millora propioceptiva amb l'ús d'aquest tipus de calçat. En ella resideix un dels pilars de la valoració.

Els estudis (47) ens mostren com valorar la capacitat propioceptiva a través dels següents paràmetres: l'apreciació del corredor, l'ús d'una electromiografia i finalment la capacitat propioceptiva del corredor en l'espai. L'avantatge és que la propiocepció ens permet treballar de forma passiva i dinàmica (47).

Propiocepció	Equilibri estàtic amb calçat tradicional i drops diversos.
	Equilibri estàtic amb calçat minimalista.
	Equilibri dinàmic amb calçat tradicional i drops diversos.
	Equilibri dinàmic amb calçat minimalista.

S'utilitzarà una plataforma de força dinamomètrica per poder determinar els canvis del centre de gravetat durant tots els tests que practican els corredors de trail. Per altra banda, s'usarà per analitzar constantment els canvis durant les fases de carrera amb l'ús dels diferents calçats amb més o menys drop. La plataforma és una superfície llisa i rígida amb tres o més punts independents per mesurar la pressió, quan l'esportista es col·locarà a sobre, es calcularà la posició del centre de les forces verticals exercides sobre aquesta (48). Aquesta ajudarà a calcular quantitativament l'equilibri dels corredors. (41)

Una forma per quantificar la millora de l'equilibri és amb l'ús dels següents **tests estàtics** (48):

- **Test Iowa brace:** Recolzats sobre un peu, els braços estirats per sobre del cap. Es balanceja el tronc endavant a la vegada que la cama lliure s'estira cap enrere, a l'alçada del tronc. Tots dos han d'arribar a col·locar-se en posició paral·lela al terra. S'ha de mantenir la posició durant deu segons.
- **Test d'equilibri flamenc:** Durant una durada d'un minut s'ha de mantenir una posició equilibrada. La posició serà en peus sobre una barra de cinc centímetres d'ample. Es flexionarà el genoll lliure per agafar-se el peu amb la mà contrària, quedant totalment en equilibri sobre la barra (en aquest cas es podria modificar la barra de 5cm per la que usen a gimnàstica esportiva).

Una **evaluació subjectiva** sobre l'equilibri la realitzarem amb el sistema de quantificació de caigudes de l'equilibri o *BESS* (Balance Error Scoring System). Es demanarà als corredors que adoptin tres posicions: la bipedestació, la monopedestació i la bipedestació amb els peus un davant de l'altre. Llavors, es realitzarà dues seqüències, la primera d'elles amb base estàtica i la segona, a sobre una base mitja-inestable. Els corredors hauran de col·locar les mans a les crestes ilíiaques i tancar els ulls. La prova té una durada de vint segons (48).

Durant les postures de monopedestació es demanarà que els atletes mantinguin una lleugera flexió de maluc i de genoll contralateral al recolzat a terra, continuant mantenint mans a les crestes ilíiaques i ulls tancats. La prova es practicarà sobre tots dos peus. En la posició de bipedestació i peus en línia, es demanarà als subjectes que facin tot el possible per continuar en la posició inicial.

La puntuació és d'un punt per cada error que es cometi, si no aconsegueixen mantenir la posició durant un mínim de cinc segons durant tot el període de vint segons de la prova, aquesta es considerarà incompleta. Proposarem un màxim de deu punts d'error, tenint un mal equilibri quant més alta sigui la puntuació. (48)

En quant a l'equilibri dinàmic o semidinàmic, s'evaluarà sobre la plataforma de forces mitjançant probes funcionals com: estirar-se per agafar diversos objectes, desplaçaments amb recolzament sobre la plataforma, probes sincronitzades d'agilitat, salts de pliometria amb recepció sobre la plataforma de forces o bé amb inici del salt sobre aquesta mateixa. El principal objectiu d'aquests tests subjectius, és disminuir les bases de recolzament i complicar cada cop més l'avaluació per quantificar si realment els canvis poden ser significatius a mesura que es desenvolupa la transició.

- **El volum de la musculatura intrínseca i extrínseca dels peus.:**

Musculatura intrínseca extrínseca del peu	Ressonància Magnètica cada 6 setmanes per determinar el volum intramuscular.
	Test FPI (índex de postura del peu) per determinar qualsevol tendència en un canvi de peu neutre, pronat o supinat.
	Heel Rise Test per valorar la integritat del Tibial posterior.
	Windlass test per valorar la fàscia plantar.
	Navicular drop.

La musculatura intrínseca del peu ens pot aportar informació sobre el guany de força. Cada 6 setmanes analitzarem el volum muscular a través d'una ressonància magnètica. Una alternativa a la ressonància magnètica podria ser l'ecografia però en aquest cas, tot i que el seu cost és més elevat, i necessita de més dies per la post-avaluació, és preferible la primera prova diagnòstica per què també l'utilitzarem per valorar l'aparició de fractures per estrès als Metatars.

En quan el **FPI (índex de postura del peu)**, és una eina clínica diagnòstica amb la finalitat de quantificar el grau de posició neutra, pronada o supinada. S'utilitzarà per determinar si un guany de volum muscular a través de la RM pot condicionar en el canvi de recolzament contra el terra. Va ser redactat per Anthony Readmon el 2005 (49, 48). L'objectiu és realitzar un mètode simple de puntuació de sis factors en la postura mitjançant un resultat simple i quantificable. És una prova validada (50).

El **Heel Rise Test** valora la integritat del tendó del tibial posterior en els peus, ajudant a descartar qualsevol patologia associada per un excés de càrrega en aquest múscul. Es

demana als atletes que es posin de puntetes amb un o dos peus a sobre d'un esglaó, se'ls demana que baixin lentament i tornin a pujar fins un total de 15 repeticions. Si s'observa una mala execució és possible que el tibial anterior estigui afectat.

El test de **Windlass**, va ser redactat per Hicks el 1954 i valora la integritat de la fàscia plantar en els peus. Es realitza una elevació de la primera falange del dit polze del peu. S'han d'observar 4 modificacions per classificar el moviment de normal:

1. Augment de l'arc longitudinal plantar.
2. Rotació externa de la cama (tíbia).
3. Supinació del retropeu o peu complet.
4. Flexió plantar.

Aquest mecanisme actua independentment a l'activació muscular. Per aquest motiu el podem integrar com a prova per valorar si hi ha una sobrecàrrega. (51, 52)

El **Navicular Drop Test** valora la quantitat de pronació en el peu dels corredors. Es quantifica a través de la distància que es crea en el descens del Navicular en situació de sedestació i en situació de bipedestació. Es considerarà que en valors de sis a nou mil·límetres és la normalitat. Tots els valors superior a nou mil·límetres es consideraran anormals i seran indicatius de caigudes i deformitats de l'arc plantar.

- **La prevenció de lesions associades al calçat minimalista (44):**

Lesions associades a l'ús de calçat minimalistes	Aparició de fractures per estrès en la base dels Metatars a través de RM (Ressonància Magnètica).
	Test Palpació Tibial.
	La fàscia plantar i el mecanisme de Windlass.
	Navicular Drop test.

L'aparició de lesions associades a l'ús de calçats esportius és una variable molt subjectiva tenint en compte els paràmetres corporals de cada individu, però és una problemàtica que s'ha d'evitar. Com ja s'ha comentat en l'apartat de lesions associades al calçat minimalista, en la introducció del treball, considerarem les lesions següents: Tendinitis del tibial posterior;

Periostitis o Síndrome d'estrès tibial; Fascitis plantar; Fractures per estrès als metatarsians (especialment el segon i tercer metatarsià).

Fractures per estrès al cap dels metatarsians. En les transicions al calçat minimalista s'acostuma a patir molt d'estrès mecànic en els caps dels metatarsians dels peus. Si el patró de carrera canvia (com és d'esperar) a una recepció anterior a la base del peu, hi ha un increment brusc de la pressió i si no hi ha una bona adaptació és possible que alguns corredors puguin patir alguna fractura/fisura. La millor prova funcional serà la ressonància magnètica que utilitzarem per valorar l'estat de les estructures òssies, conjuntament amb descripcions subjectives de sensació de dolor.

Periostitis Tibial. Els canvis en la cinemàtica de la carrera i l'increment de volum de treball de la musculatura de la cama, s'acostuma a patir el Síndrome d'Estrès Tibial o Periostitis Tibial. Per comprovar que tot està sota control, durant les valoracions, els investigadors realitzaran dues exploracions clíniques habituals. La primera d'elles és el **Test de la Palpació Tibial (TPT)** que consisteix en palpar les dues terceres parts distals de la tibia en la regió postero-medial en busca d'algun punt de dolor molt elevat. La segona d'elles és el **Test del Edema Tibial (TET)**, que consisteix en mantenir, durant 5 segons, la palpació en diferents punts de la regió medial dels dos terços distals de la tibia, esperant trobar signes d'edema. (53)

Tot i que en variables anteriors s'usen els mecanismes de Windlass i el Navicular Drop test amb unes finalitats, en aquest cas els utilitzarem com indicadors sobre l'estat de la fàscia plantar i del tibial posterior (la qualitat de la inversió del peu i del control de la eversió durant la FI amb l'avantpeu).

- Adaptació a l'esforç:

Adaptació a l'esforç i la tècnica de carrera.	Percepció de l'esforç amb escala subjectiva de Borg.
	Volum i densitat d'entrenament en km/setmana.
	Registre de la FC (Freqüència Cardíaca) durant les sessions d'entrenament i les seves zones de treball en %.
	Registre d'oscil·lacions verticals i laterals. (GPS)
	Consum de VO ₂ màx (Volum d'Oxigen Màxim) enregistrat durant els entrenaments. (estimació GPS)
	Test incremental de consum màxim d'Oxigen.
	Test submàxim d'economia de carrera.
	Increment de Força muscular en pliometria. (plataforma de força)
	Valor del IMC (pes, alçada i índex de massa grassa corporal)

A través d'aquestes variables escollides s'intentarà controlar l'estat físic dels corredors de trail. Les variables seran enregistrades durant les valoracions mensuals per part dels investigadors. Algunes d'elles les obtindrem de la informació i registres que enviïn els mateixos corredors mitjançant els seus GPS d'entrenament.

Escala subjectiva de Borg. Aquesta escala relaciona la sensació de l'esforç que rebrà el corredor amb un valor numèric que ell anota i va del zero al vint. Solament és una manera subjectiva de controlar el nivell d'exigència de la càrrega d'entrenament i de la sensació d'esforç durant aquest. En anglès acostuma a dur les inicials RPE (Ratings of Percieved Exertion). L'escala modificada consta de 10 valors numèrics però es decideix optar per la de vint valors. (Annex 3).

Les variables enfocades als entrenaments seran les que ens poden marcar diferències en un abans i un després en el rendiment dels corredors. El volum de les sessions d'entrenament plantejat, els registres de la seva freqüència cardíaca, les oscil·lacions verticals i laterals que pot gravar el mateix GPS. Tota aquesta informació quedarà enregistrada sempre que els corredors es col·loquin la cinta de freqüència cardíaca al pit.

En el **Test d'increment del consum màxim d'oxigen (VO₂max)**, el test s'inicia a sis kilòmetres per hora, amb un increment de velocitat d'un kilòmetre per hora cada minut fins arribar a

l'esgotament. S'acceptaran valors del VO_{2max} i freqüència cardíaca màxima fins als valors més alts obtinguts trenta segons abans de l'esgotament. En aquest test s'enregistrarà l'últim minut amb una càmera d'alta velocitat per assegurar que tots els corredors estan corrent amb una fase de vol i on aconsegueixen una velocitat de vint kilòmetres per hora (54). Utilitzarem aquest test per valorar un inici i un final de la condició física dels corredors de l'estudi, totalment funcional per marcar quins són els seus nivells competitiu.

En el **test submàxim d'economia de carrera**, els participants a l'estudi han de córrer a onze, tretze i quinze kilòmetres per hora durant sis minuts. Poden fer descansos complets de cinc minuts després de cada velocitat. S'enregistraran els valors del VO_2 i la freqüència cardíaca contínuament en tot el test, però solament s'utilitzarà els valors dels últims tres minuts de cada bloc de velocitat. L'economia de carrera es valorarà en $ml \cdot kg \cdot min$ (mil·lilitres/kilogram per minut) per cadascuna de les velocitats de carrera i s'enregistraran paràmetres biomecànics durant els últims trenta segons durant el cinquè minut de cadascuna de les velocitats. (54) Utilitzarem aquest test per enregistrar i valorar si es poden observar guanys funcionals durant la carrera amb el calçat minimalista.

El guany de força muscular del tren inferior es podrà quantificar mitjançant exercicis de força com pot ser els squads i els drop jumps. Tots dos poden fer-se a sobre de la plataforma dinamomètrica o utilitzant un transductor lineal (*Encoder*) per guardar la potència en cada repetició que s'executi.

Davant d'un estudi d'aquestes característiques es necessitarà una bona recopilació de totes les dades examinades en les variables. Cadascun dels membres encarregats de les valoracions recollirà la informació a través de programes com Excel i posteriorment s'ajuntaran en una base de dades de tots els atletes per una recopilació general.

Les RM les realitzaran els especialistes que treballin en el centre on pertoqui fer-les als corredors, i els resultats, els redactaran els mateixos per tal que no hi hagin errors d'interpretació. Els investigadors del projecte podran redactar les seves conclusions un cop hagi finalitzat l'intervenció, i els especialistes mèdics redactaran el que observen en cada RM durant tot el procés.

Per altra banda, els atletes registraran personalment les seves dades individuals dels entrenaments diaris a partir del programa informàtic "sportlyzer". Diàriament s'enllacen les dades que s'han recollit amb els GPS personals (Suunto o Garmin principalment).

En aquests resultats hauran d'incloure una breu descripció de la sensació subjectiva de l'esforç de l'entrenament i de la percepció de l'estat físic pre i post entrenament. Sportlyzer és una base de dades personals que permet enllaçar tots els entrenaments de tot un grup d'atletes. És un sistema ràpid i eficaç per poder enviar entrenaments a través dels GPS dels corredors.

Totes aquestes dades seran guardades i arxivades per l'investigador principal en el propi centre de realització de l'estudi, el qual compleixi la Llei Orgànica 15/1999, de 13 de Desembre, de Protecció de Dades de Caràcter Personal.

Tractant-se d'un cas especial d'estudi, un dels objectius, al final d'aquest treball, és que arribi a convertir-se en un projecte per extrapolar-se a una població més ampla. Hi ha un gran nombre de corredors que volen passar al calçat minimalista per la simple curiositat, o com un mètode de millora en el seu rendiment esportiu. Per la qual cosa, aquest protocol pot convertir-se en un projecte de futur per descriure a la perfecció una possibilitat per qualsevol corredor de muntanya que vulgui atrevir-se al canvi.

L'estudi presenta unes característiques específiques per poder controlar-ho millor si els directors i investigadors són fisioterapeutes i llicenciats en CAFE (Ciències de l'Activitat Física i l'Esport). En el cas que el professional disposi de tots dos graus és molt positiu, ja que dominarà tots dos àmbits i serà molt més fàcil de poder ajudar en la direcció del treball.

En el cas que la hipòtesis es confirmés, es podria començar a formar professionals en el sector esportiu i de la fisioteràpia per traspasar aquest protocol a tots els atletes que vulguin fer un canvi en el seu tipus de calçat per les curses.

Les dades obtingudes i registrades seran transferides a programes estadístics com el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Ho redactarem amb l'estadística descriptiva, controlant els valors dels nostres quinze corredors de trail per marcar les diferències que ens podem trobar en totes les variables i poder trobar els índex de tendència central i posició (desviació típica i la dispersió).

Per tal de facilitar la comprensió dels resultats utilitzarem diagrames de barres i gràfiques per mostrar-los més visuals.

Es tracta d'un projecte amb una durada aproximada d'un any i set mesos. En l'apartat de *calendari previst* es redacta més acuradament la temporalitat plantejada. Al tractar-se d'un **“Estudi experimental prospectiu analític amb intervenció aleatoritzada”** hi ha l'inconvenient que si un dels corredors es lesiona, el temps de transició haurà d'ampliar-se. Si més no, es planteja un calendari prou llarg i amb possibilitats de poder tenir algun contratemps com l'aparició d'alguna lesió.

► **Fase del plantejament i la Planificació:**

Els primers quatre mesos estan dedicats a diverses tasques que intentarem fer-les cronològicament. Les primeres d'elles són captar els professionals necessaris per realitzar l'estudi i aconseguir un espai per disposar d'ell en els moments de fer les valoracions, els treballs de tècnica o qualsevol test per calcular algunes de les variables. El més correcte per un projecte d'aquestes característiques és un centre esportiu o un gimnàs. S'intentaria fer un conveni per l'ús de les instal·lacions i a la vegada ells obtindrien publicitat i la capacitat de poder captar els diversos corredors de l'estudi per que es quedin com usuaris en el moment de finalitzar la intervenció. La intenció és que sigui d'una durada de quatre setmanes màxim. El nombre de professionals que participaran a l'estudi és de solament tres investigadors.

Paral·lelament a la cerca d'un centre esportiu, es farà una proposta de col·laboració i participació al col·legi de medicina i a diferents centres de proves diagnòstiques per imatge o clíniques privades, per tal de disposar d'una màquina de ressonància magnètica. És un conveni necessari per tenir la possibilitat de valorar la variable del volum intramuscular del peu dels corredors i de gran utilitat per diagnosticar qualsevol lesió de teixits tous o fractures per estrès a la zona dels peus.

Una vegada disposem del personal necessari i dels centres, procedirem a explicar detalladament tots els objectius i les valoracions del projecte a tot el personal per tal que ho entenguin i es pugui delegar obligacions i tasques. Per agilitzar el temps, els tres investigadors seran partícips de la redacció dels protocols de tècnica de carrera, del d'estiraments i del de la posada en comú de la progressió dels entrenaments. Durant

aquestes quatre setmanes intenses de feina de redacció i formació, es traçaran amb GPS sobre el terreny els recorreguts de trail on els corredors entrenaran els dies establerts al protocol.

Finalment per tenir la primera fase del projecte enllestida, s'escollirà el material a utilitzar. En aquest cas escollirem el calçat esportiu que volem per als corredors amb els drops 12 – 10 – 8 – 4 i finalment les de drop 0 o minimalistes. Aquest calçat ens el patrocinarà un comerç de Balaguer. Els escollits amb els drops seran:

DROP	MODEL DE CALÇAT	
12	New Balance MT610 B5;	Scoot kinbalu T2.
10	Salomon Speedcross4;	Brooks Cascadia 11.
8	NB Leadville V3;	Adidas Terrex Trailmaker.
4	Gamma Salomon Sense;	Inov8.
Minimalista	Five fingers;	Merrell vapor glove.

Posteriorment al calçat, es procedirà a la tria d'una plataforma de força per analitzar els canvis propioceptius estàtics i dinàmics als corredors. Aquestes plataformes poden demanar-se a diversos laboratoris dedicats a la investigació científica en ciències de l'Activitat Física. En aquest cas se'n pot disposar d'una al laboratori de Biomecànica de l'INEFC-Lleida. Per altra banda, si és possible obtenir una bona subvenció es podria comprar la plataforma Dinascan/IBV.

► **Recerca i preparació dels corredors:**

La segona part del projecte està plantejada com la més curta. Ens dedicarem a la cerca de quinze corredors de trail sent necessari un mes. La cerca no ha de ser difícil donat el cas que hi ha molta gent que els agrada aquesta pràctica esportiva i si, a més a més, els investigadors de l'estudi probablement fossin corredors, seria més fàcil obtenir contactes ràpidament.

L'únic que pot aportar problemes al projecte, és la falta de seguiment dels entrenaments i protocols. Sense ells i les seves ganes de participació, l'estudi perdrà components i no se n'extrauran uns resultats extrapolables a nivells de mostra majors.

Durant el segon mes de durada en aquesta fase, disposarem d'una setmana per valorar els corredors i tenir un punt de partida per analitzar canvis posteriors a l'inici de l'estudi. Finalitzades les primeres valoracions, explicarem els protocols que seguiran durant tot el temps d'intervenció i com hauran de passar tota la informació dels entrenaments al programa informàtic. Quan les obligacions dels corredors quedin ben remarcades, procedirem a pactar els dies d'entrenaments col·lectius i els dies en que els participants es faran les RM. Els entrenaments col·lectius tindran com a finalitat, analitzar si els protocols s'executen seguint el pla, si tenen mecanitzades les seves accions pre i post entrenament i poder realitzar pràctiques de propiocepció.

► Intervenció i Transició:

La part més llarga de tot l'estudi constarà d'aproximadament uns vuit mesos. Com es tracta d'uns casos on no sabem que passarà, ens marquem un cronograma i es desenvoluparà per aconseguir referències de futur. Les tres variables principals que es plantegen en l'hipòtesis marcaran el ritme de la intervenció, és a dir, en el cas de les lesions associades al calçat minimalista, haurem d'esperar que els atletes no en presentin cap amb una durada superior a un mes i mig. El volum de la musculatura interna del peu serà una altra variable, mencionada en l'hipòtesis del treball. Ens marcarà si realment amb treball específic usant calçat minimalista hi ha un increment del seu volum. Motiu per el qual cada sis setmanes els corredors hauran de fer-se una RM al centre indicat i ens els dies pactats en fases anteriors.

Per millorar en les relacions dels corredors i incrementar l'adhesió al treball programat, s'organitzaran tres grups de cinc corredors per fer més fluides les sessions de treball específic i les valoracions. La intencionalitat d'aquesta organització és fer els entrenaments més entretinguts als circuits. Creats els grups de treball, especificarem els objectius principals i específics per marcar el camí cap on es dirigeix l'estudi. La primera tasca conjunta dels grups serà passar els tests inicials per calcular les variables d'estudi. Iniciada la primera avaluació, els atletes tindran de dues a tres setmanes per preparar la següent, que

transcorrerà la primera o segona setmana de cada mes fins al final de la intervenció. Es plantegen dues setmanes per què tots els membres tinguin més disponibilitat en els horaris i no faltin a les valoracions. El mateix procediment es seguirà per les RM, però en aquest cas serà cada sis setmanes, disminuint el cost general ja que el nombre de ressonàncies serà menor que si es fessin cada mes.

Els corredors rebran el calçat a utilitzar per cada canvi establert segons el drop. Aquests tindran unes setmanes per fer la transició, fent-se efectiva sempre hi quant no hi hagi cap imprevist físic o s'assoleixin els objectius per efectuar el canvi. La transició es farà sempre posterior a les valoracions per garantir que el corredor pot assolir els volums d'entrenament i les càrregues del canvi de calçat. Tot i que en el calendari es marquin poques setmanes de valoracions, els corredors hauran de fer un mínim de tres a cinc dies a la setmana d'entrenaments.

Així doncs, quan l'estudi agafa la dinàmica de funcionament, els investigadors hauran de ser molt diligents en la recopilar totes les dades que els corredors els van enviant.

Si tot és correcte i els càlculs de previsió són exactes, passats sis mesos es procedirà a les valoracions finals de tots els corredors que continuïn dins de l'estudi i no ho hagin deixat durant el temps pactat. Les valoracions finals seran les últimes que realitzaran els corredors i que serviran per posar punt i final als seus entrenaments, i si la transició ha set l'adequada, podran fer les seves futures curses de trails amb el calçat més correcte per cadascú escollit.

► **Recollida de dades i Conclusions:**

L'últim apartat del projecte és, sense cap dubte, un dels més importants pels investigadors. Durant quatre setmanes, s'hauran de recollir totes les dades importants que els atletes puguin aportar als resultats finals. S'enllaçaran tots els GPS per tal d'evitar que no es perdin entrenaments enregistrats i que no hi hagi problemes d'enllaç amb el programa informàtic de sportlyzer.

El segon mes posterior a la recollida de les dades d'entrenaments, es procedirà a la valoració de les ressonàncies magnètiques juntament amb el professional indicat del centre on s'han

dut a terme. Els resultats de cadascuna d'elles, es valoraran per tal d'extreure'n conclusions per cadascun dels corredors i d'aquesta manera és podrà determinar si una de les hipòtesis plantejades és resol.

Les nou setmanes següents estaran destinades a la valoració i processament de tota la informació que s'extregui de tots els mesos de la intervenció. S'haurà de començar a avaluar els efectes de la transició en tots els corredors i intentar analitzar si hi han canvis significatius en l'aparell locomotor, en la propiocepció i en la condició física i mental dels corredors. Passat aquest període de temps, l'objectiu serà disposar de nou setmanes més per redactar les conclusions i finalitzar tot el que sigui necessari per tancar el projecte. En les últimes tres setmanes del calendari es divulgarà els resultats a la comunitat científica i esportiva, per intentar donar valor a aquesta transició tant si surt amb unes conclusions significatives, com si surt amb conclusions poc aclaridores.

Així doncs és com es marcarà la pauta per tirar endavant aquest projecte engrescador i apassionant, no solament pels investigadors sinó pels corredors que segurament mostraran gran satisfacció en participar en un treball on ells poden ser els més beneficiats en els resultats finals.

5 – CALENDAR DE L'ESTUDI

En aquest format d'estudi es plantegen 4 fases per afrontar-lo en condicions organitzatives òptimes. Es mostren els calendaris creats a través de cicles de 4 setmanes, intentant que cadascuna d'elles estigui destinada a una o dues tasques com a mínim, sempre que puguin ser compatibles totes dues en quantitat de volum de treball. El tercer organigrama de l'estudi pot veure's afectat per la incertesa del temps exacte que els atletes poden aconseguir la transició al calçat minimalista sense la presència de cap lesió. Es tindrà en compte un temps establert, però si els corredors aconsegueixen adaptar-se en un calendari menor, pot considerar-se dins dels paràmetres.

► Fase del plantejament i la Planificació:

L'inici del calendari i de l'estudi serà en el mes de Febrer del 2018. És preferible iniciar-ho en aquesta època de l'any per poder arribar en la intervenció en època de primavera i estiu. Dates on els corredors es senten més còmodes per córrer, gràcies a les bones temperatures i la falta de neu que facilita poder fer distàncies amb més desnivell acumulat si és necessari.

PLANTEJAMENT I PLANIFICACIÓ DE L'ESTUDI

Tasca a realitzar per setmanes	gener				febrer				març			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Obtenir el centre on realitzar part de valoracions de l'estudi.												
Captar els professionals necessaris.												
Formar i explicar el projecte als professionals seleccionats.												
Redactar els protocols d'entrenament.												
Traçar i grabar les rutes d'entrenament.												
Selecció del material per l'estudi.												
Recerca del centre per realitzar les RM.												
Plantejament estadístic.												

La primera fase del projecte, constarà d'un període de tres mesos. En ells, ens dedicarem a buscar els professionals, a formar-los i a redactar les parts de l'estudi que es voldran quantificar o tenir-se en compte per la validesa del mateix. En aquest període de temps, s'han de redactar i deixar enllestits els protocols que seguiran els corredors de trail. Són els de tècnica de carrera, el d'estiraments i el de reforç específic per intentar prevenir l'aparició de lesions. Igualment d'important serà aconseguir un centre físic per poder dur a terme les valoracions funcionals durant tota la transició i pactar amb algun equip mèdic o clínic que permeti fer les ressonàncies magnètiques les setmanes preestablertes. Per finalitzar aquesta primera etapa, es detallarà el sistema estadístic per analitzar els resultats, com es classificaran i com es recolliran les dades durant el temps que duri el projecte.

► **Recerca i preparació dels corredors:**

RECERCA I PREPARACIÓ DELS CORREDORS								
Tasca a realitzar per setmanes	febrer				març			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Cercar 15 corredores o corredors de trail.								
Valoració inicial dels corredors per accedir a l'estudi.								
Establir i explicar els protocols de treball durant l'estudi.								
Pactar els dies d'entrenaments col·lectius i dies de valoracions.								
Pactar els dies de realitzar les RM al centre indicat.								
Recollir i repartir el material per cada corredor.								

La segona fase destaca per les accions de buscar els corredors que formaran part de la mostra i que s'hauran de controlar durant tot el protocol. Cadascuna de les accions d'aquest apartat ha d'anar entrelaçada i de forma esglaonada. Un cop es tinguin els membres dels grups de corredors, quedarà valorar-los perquè compleixin els criteris d'inclusió. Tot seguit, es procedirà a explicar i donar els protocols. Per fer les valoracions i les ressonàncies magnètiques, els participants i els membres encarregats de fer l'estudi, han de pactar, dins el període establert, els dies que realitzaran les RM i els dies que hi haurà els entrenaments col·lectius per valorar el treball tècnic. Un cop finalitzats aquests

apartats, solament quedarà repartir el material de l'estudi, el calçat esportiu amb el qual es correrà en cada setmana de transició.

► **Intervenció i Transició:**

INTERVENCIÓ I TRANSICIÓ																																
Tasca a realitzar per setmanes	abril				maig				juny				juliol				agost				setembre				octubre				novembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Durada prevista de l'intervenció.																																
Assignació dels grups de corredors.																																
Proposta dels objectius principals i específics.																																
Valoració inicial de les variables.																																
Ressonància magnètica.																																
Control de les variables determinades en l'estudi.																																
Canvi de calçat per la transició.																																
Entrenament de control de tècnica i realització activitats.																																
Valoració final de les variables.																																

Tercera part del programa a seguir. Es marcarà una aproximació del temps total de la creació de grups i la transició al calçat minimalista. La intenció des de l'inici, és que la transició pugui fer-se en un màxim de sis mesos. Però es mantindrà un mes, per prevenció si sorgeix algun imprevist, com per exemple l'aparició d'alguna lesió associada al calçat minimalista. La proposta de crear 3 grups de 5 corredors cadascun, té com a objectiu facilitar els dies d'entrenaments col·lectius. Es voldrà donar més cohesió de grup i que puguin entrenar conjuntament si així els és més fàcil.

Un cop formats els grups, s'intentarà pactar els dies que assistiran a valoracions físiques de l'estudi. Seran cada dues setmanes. També es pactaran els dies per la realització de la RM de control cada dos mesos. Cal tenir molt present que aquests dies, hauran d'escollir-se per realitzar les citades proves durant un període de dues setmanes. Els corredors hauran

de ser previsors i marcar molt bé les dates als calendaris personals per no perdre cap de les sessions. Per aquest motiu es pot escollir entre 15 dies per marcar un sol dia. És possible que l'investigador hagi de ser molt rigorós en l'organització d'anotacions al calendari i complir-lo per no perdre cap dada important.

Els entrenaments de control es duren a terme amb la finalitat que els corredors obtinguin un feedback sobre el treball de tècnica que duen a terme. També els servirà per expressar com es van sentint amb el volum d'entrenament planificat.

► **Recollida de dades i Conclusions:**

RECOLLIDA DE DADES I CONCLUSIONS																												
Tasca a realitzar per setmanes	novembre				desembre				gener				febrer				març				abril				maig			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recollida final dels paràmetres d'entrenament.																												
Comparativa i valoració de les RM inicials i finals.																												
Valoració i processament de l'informació.																												
Redacció de les conclusions.																												
Divulgació a la comunitat científica i esportiva.																												

Per finalitzar la quarta part del calendari, es planificarà cinc tasques. Aquestes, tornen a estar de forma esglaonada. En cada mes, es plantejarà aconseguir una tasca preestablerta. La recollida de dades servirà perquè els atletes vagin entregant, en format informàtic, els seus resultats dels entrenaments (volums totals, sensacions perceptives de l'esforç i el treball tècnic amb cada calçat). Un cop els investigadors tinguin els resultats dels entrenaments, podran passar a la següent tasca, que hauria de tenir una durada màxima de quatre setmanes. S'encarregaran, juntament amb un especialista, d'analitzar les RM dels corredors i valorar si hi ha un increment del volum intramuscular en els peus dels

corredors. En aquesta part del projecte, es destinarà més temps (nou setmanes cadascuna) en dues tasques que seran molt importants. La primera d'elles, serà el processament i valoració de tota la informació recollida dels corredors un cop finalitzada la seva participació. La segona d'elles, serà la redacció de les conclusions que se'n puguin extreure. Finalment, i per acabar de tancar el calendari, es tindran tres setmanes per fer la divulgació a la comunitat científica i la comunitat esportiva.

6 – IMITACIONS I BIAIXOS

L'objectiu principal és aconseguir una progressió que sigui factible per qualsevol corredor que vulgui fer alguna trail amb calçat minimalista. Una primera limitació, que pot marca tot el projecte, és que es tracta d'un estudi experimental i amb molt pocs subjectes a valorar i investigar. En aquest cas, es vol aconseguir fer una primera presa de contacte, amb major control i més econòmica. Si tot funciona segons les previsions i les hipòtesis, posteriorment es crearia el projecte molt més gran i potent a escala mediàtica.

L'objectiu del calendari i del pla d'intervenció, és marcar un camí que tots els membres han de seguir. Segons alguns estudis (43), el temps ideal per una bona transició són de tres a quatre mesos. Com que no s'indica exactament, el millor és plantejar-ho durant sis mesos i marcar molt bé la progressió, juntament amb protocols complementaris. Per aquest motiu, crec que la limitació principal la marcarà la incertesa del temps real per fer un canvi adequat.

Aquest projecte està planificat per una durada aproximada d'un any i mig. Els corredors hauran de sacrificar gairebé una temporada d'estiu dels seus calendaris. Així es pot evitar tenir alteracions en els resultats. Hauran de comprometre's a dur a terme la transició i deslliurar-se d'alguna de les seves competicions durant la temporada d'estiu.

Tots ells no viuen de subvencions ni cap beca, tenen la seva vida laboral. Una altra limitació important a tenir en compte, és la conciliació d'aquest projecte amb la seva vida laboral i vigilar l'exigència física en els seus llocs de treball. En un hipotètic cas que algun dels membres de la mostra fos mecànic, és molt possible que hàgim de contemplar el seu estat físic per afrontar els entrenaments.

Durant tot el procés d'intervenció s'ha de seguir els protocols establerts. En el cas que s'observi que algú no pot seguir els passos establerts, intentarem adaptar-ho. En el cas que sigui impossible continuar, haurem d'extreure'l del grup de treball.

Se suposa que tothom pot aconseguir arribar a usar calçat minimalista, però gràcies a aquest estudi possiblement algun corredor descobrirà que no tolera drops baixos. Si aquests canvis

provoquen alguna lesió, amb una durada major a un mes i mig, no es podrà continuar formant part de l'estudi, bàsicament perquè els corredors sortiran del temps establert al calendari.

El biaix que pot tenir aquest estudi, és en l'elecció de la mostra que es vol usar per aplicar el protocol de transició. Es busca arribar a un màxim de corredors i s'utilitzarà la fitxa federativa per esbrinar quina quantitat de gent pot practicar aquesta modalitat. El biaix, el trobem en el fet que no tothom està federat per fer les competicions. Quan algú s'inscriu a les curses, disposen d'una opció per pagar un plus i tenir una fitxa federativa d'un sol dia. Aquesta, cobreix qualsevol accident que pugui passar durant la carrera.

L'altre biaix és quan disposem de la mostra de corredors que es vol seleccionar. Han de ser escollits a l'atzar i no seleccionar-los del mateix gimnàs on es farà l'estudi. Si escollim corredors del mateix gimnàs, estem fent que els resultats no siguin reals per què ja tenen un bagatge i feedbacks durant els seus entrenaments al centre esportiu.

7 –ROBLEMES ÈTICS

Qualsevol dels 15 corredors que compleixi els criteris d'inclusió tindrà tota la capacitat de poder formar part d'aquest estudi. Tots ells han de firmar el seu consentiment per participar i perquè els investigadors puguin utilitzar les seves dades amb finalitats científiques.

En el document de consentiment informat (Annex 4) s'indicarà detalladament la informació més rellevant, així com els beneficis i els possibles riscos. Abans de firmar, els corredors tindran unes setmanes per preguntar i assabentar-se dels objectius del projecte, quines seran les seves obligacions i quins protocols els tocarà seguir. Si se signa el consentiment, han de tenir present que no poden anar en contra dels interessos d'aquest estudi, doncs els corredors han de tenir molt clar que durant la temporada d'estiu es recomanarà no planificar-se cap cursa que no entri dins els criteris dels protocols d'entrenament. Abans de firmar tenen tot el dret a desdir-se i no continuar.

Quan algun corredor presenti un problema físic o una lesió associada al canvi de calçat, els directius del projecte vetllaran per la seva recuperació i per tornar a reincorporar-lo al grup de treball. No s'obligarà a cap corredor a exigir obligatòriament tot el màxim rendiment físic, ja que és necessari que sigui una situació d'adaptació progressiva.

8 – ORGANITZACIÓ DE L'ESTUDI

1ª FASE.

- S'iniciarà des del Gener fins al Març del 2018.

El projecte tindrà lloc a la ciutat de Lleida a les instal·lacions del gimnàs Ekke, situat al carrer de Rovira Roure, 41 - 43 (Camp d'esports) de Lleida. Aquest gimnàs té una capacitat per 5000 socis; nosaltres disposarem lliurement de tota la instal·lació per dur a terme les valoracions i altres propostes necessàries. Els corredors, durant el temps que dura el projecte, tindran accés il·limitat al gimnàs i fer-ne l'ús que creguin necessari per els seus objectius d'entrenament. La sala polivalent (la segona més gran) és destinarà a ser el "punt de referència" per reunions, formacions i per guardar tot el material de les valoracions mensuals: plataforma de força; els ordenadors portàtil; el calçat de tots els corredors classificat per drops; tres càmeres de vídeo digital i el material d'oficina.

L'investigador principal de l'estudi es dedicarà a buscar un màxim de dos col·laboradors per ajudar-lo en l'organització i el control de tot el projecte. S'escolliran a partir del currículum que presentin i han de disposar de la doble titulació en Fisioteràpia i CAFE (Ciències de l'Activitat Física i l'Esport), serà un punt a favor que els agradi o estiguin involucrats en aquesta pràctica esportiva. Les funcions de cadascun d'ells/elles queden descrites més endavant en la tercera fase del treball, així doncs seran tres persones que dirigiran tota l'estructura.

El centre on es duran a terme les ressonàncies magnètiques serà a les policlíniques SEAP de Binèfar (Calle Lérida, 35), Monzón (Calle Barón Eroles, 15 o en Calle San Juan Bosco, 53) o Barbastro (Avenida Pirineos, 11). Cada clínica disposa d'un metge radiòleg per ajudar en la valoració dels diagnòstics de les ressonàncies. En la segona fase del projecte (recerca i preparació dels corredors) la policlínica oferirà un calendari virtual on s'anotaran els dies que es realitzaran les RM, aquestes sempre es faran en cicles de 7 setmanes.

La formació dels col·laboradors servirà per aclarir dubtes sobre l'estudi i organitzar les tasques i mecanismes que hauran de seguir en la recollida de dades. Tot quedarà classificat i registrat a través de calendaris i documents electrònics des d'una plataforma virtual (google drive, google calendar o dropbox) en la que tots els investigadors podran accedir. Des d'aquesta plataforma es redactaran els protocols a seguir en microcicles d'entrenament de

tres a cinc dies; el de tècnica de carrera; el d'estiraments; el de força/preparació física i el de propiocepció.

Seràn necessàries quatre setmanes per dur a terme tota la redacció dels protocols. Durant aquest temps hi hauran dies per dibuixar els tracks amb GPS sobre el terreny els circuits de trail on faran els entrenaments.

La selecció del material serà acurada i es buscarà les millors prestacions segons les necessitats. Totes els calçats esportius s'escolliran a la botiga Esports Querol de Balaguer (Carrer d'Avall nº9), el seu encarregat és apassionat de l'atletisme i posa preus molt competents en tot el material que ven. Els corredors podran escollir el model en que més còmodes poden sentir-se. El fet que tinguin la possibilitat d'escollir calçat és per problemes de comoditat, de subjecció o de falta de talles per alguns corredors.

En quant la plataforma de forces, es triarà la Dinascan Z14/IBV. Una plataforma dinamomètrica i amb comportament piezoelèctric, en ella s'hi poden fer execucions ràpides, amb salts i amb aplicació de càrregues externes, podent tolerar 200kg de pes.

Finalment, la resta del material essencial per l'estudi seran els GPS. Es demanarà que tots els corredors duguin una de les següents opcions: el model Fènix 2, 3 o 5 de Garmin i en segon lloc la gamma Ambit Peak de Suunto. Tots dos models permeten enregistrar paràmetres sobre la tècnica de carrera dels corredors en els seus entrenaments.

Gràcies al sistema de GPS és molt fàcil controlar els paràmetres del seu entrenament si segueixen els circuits predeterminats. Les rutes proposades sempre tindran unes distàncies màximes de 10km i la possibilitat de tenir punts de sortida, en cas que algú sofreixi qualsevol problema físic que no el deixi continuar amb normalitat. Aquests circuits es plantejaran en les zones més properes a Lleida i voltants com són: els pobles de Sant Llorenç de Montgai i Camarasa (de trenta a quaranta en vehicle), el coll d'Ares a Àger (de quaranta a cinquanta minuts en vehicle) i la zona de les trialeres de Rosselló (de deu a quinze minuts en vehicle). En cadascun d'aquests emplaçaments és possible crear diferents circuits per dur a terme els seus entrenaments i poder calcular el volum de treball de cada corredor.

Els directors del projecte tindran a la seva disposició una càmera Gopro Hero 5 que serà usada per enregistrar a alta velocitat la tècnica de carrera de cada corredor.

2ª FASE.

- Febrer del 2018

Les 4 setmanes es destinaran a la cerca de la mostra (corredors) per la intervenció. A través dels clubs esportius de tot Lleida i poblacions properes, els centres excursionistes i guies de muntanya. Es buscarà una població diana per estipular el seu volum a través de la pàgina web d'Idescat. Des de l'inici del projecte (Gener) s'anirà informant a través de curses disputades als voltants de Lleida, trobades i sortides populars, sobre la possibilitat de participar com a subjectes d'estudi.

- Març del 2018.

La primera setmana es destinarà per què tots els corredors visitin les instal·lacions de l'Ekke i passin el primer tall dels criteris d'inclusió. El primer dia realitzaran el test de Cooper a les pistes de les basses d'Alpicat del club d'atletisme Unió Atlètica Lleida. Aquest test consisteix en córrer dotze minuts i realitzar el màxim de distancia possible. La distancia aconseguida ha de ser la seva marca de referència inicial. Podran fer el test amb el calçat que ells vulguin i amb el seu propi GPS per enregistrar totes les dades.

Superat el test, i es consideri que es compleixen els criteris d'inclusió, es passarà a fer una reunió al gimnàs per explicar en que consistirà exactament els microcicles d'entrenament, els tests que s'els farà al llarg de tota l'intervenció i els objectius a assolir. En aquesta reunió, mitjançant agendes electròniques i a través de plataformes digitals, es pactaran tots els dies que podran fer-se les RM i els entrenaments amb valoracions mensuals. La policlínica SEAP treballa amb altres clients externs al nostre projecte, així doncs, es demanarà un màxim de rigor per complir els horaris estipulats. Finalment, l'últim pas serà enllaçar els GPS a través del programa Sportlyzer. Per aquest enllaç es demana que tots els corredors utilitzin el seu ordinador portàtil i que duguin el seu rellotge. La sincronització és automàtica i molt útil per tenir un feedback sobre els entrenaments i les seves sensacions de fatiga diàries.

3ª FASE.

Intervenció d'una durada estimada de sis mesos. Les primeres quatre setmanes seran les més intenses en quan a l'organització. Es dividirà els corredors en tres grups. No es busca cap variable de rendiment, solament és per què cada investigador s'encarregarà d'un dels grups en qüestions organitzatives i de recollida de dades, fent-se més fàcil i efectiva.

Cada encarregat del grup tindrà una trobada amb els cinc membres per tornar a repassar i especificar els objectius principals i secundaris, resoldrà dubtes que tinguin els corredors i es procedirà a recollir tota la informació personal: correu electrònic, adreça de l'habitatge i números de telèfon per comunicar-se ràpidament. L'opció de crear un grup de "watssap" es plantejarà entre tots per una comunicació ràpida i massiva d'informació.

Organitzades les tasques en cada grup per part del seu encarregat, es procedirà a fer les valoracions funcionals sobre les variables en la sala polivalent de l'Ekke. Els resultats s'anotaran a través dels ordinadors portàtils dels investigadors i es gravaran a les plataformes digitals per accedir-hi desde qualsevol ordinador i poder modificar-ho. Principalment es necessitarà, externament de l'Ekke, la plataforma de forces Dinascan per les valoracions del centre de gravetat, el transductor lineal (Encoder) per valorar tests de força i tècnica de carrera, les càmares de gravació a càmera lenta o iPads personals (si se'n disposa d'un).

La resta de material com les peses, gomes elàstiques, màquines de fitness, etc... estarà disponible en la instal·lació del gimnàs i solament es necessitarà redactar els protocols d'actuació sobre el treball de força, flexibilitat, tècnica de carrera i entrenaments (Annex 5). Els controls de les variables sempre seran durant les dues setmanes inicials de cada mes. Són quinze corredors que s'han de valorar i per aquest motiu el plantejament és d'un dia per cadascun d'ells, sense comptar els caps de setmana.

En el transcurs de les valoracions inicials, els corredors es faran les RM al policlínic de Binèfar i en les hores pactades. Aprofitant que l'investigador principal disposa d'una furgoneta pel seu us privat, és pot optar d'aprofitar-la en els desplaçaments organitzats a Binèfar sempre i quan els corredors hi estiguin d'acord.

En la fase anterior es reparteix el calçat que va escollir cada corredor pels cinc drops que s'estableix a l'estudi (12 - 10 - 8 - 4 - 0) i que hauran d'utilitzar durant tota la intervenció. Els

canvis estaran estipulats en un nombre diferent de setmanes per cada drop. Amb aquest ordre s'intentarà buscar una progressió menys agressiva pels corredors que no pas utilitzar d'inici el calçat minimalista i tenir el contratemps que apareguin lesions associades per una mala execució. Així doncs l'ordre de durada per cada calçat serà:

DROP	TEMPS DE TRANSICIÓ
12	2 setmanes
10	2 setmanes
8	4 setmanes
4	5 setmanes
0	12 setmanes

Aquesta proposta de progressió anirà enllaçada amb una programació que cada corredor seguirà. Per tal que els corredors obtinguin feedbacks sobre els entrenaments, es plantejarà 3 trobades col·lectives en els circuits de Camarasa, Àger o Sant Llorenç de Montgai. La finalitat d'aquestes trobades serà entrenar la tècnica i que els investigadors tinguin anàlisis visuals sobre els entrenaments. Es plantejarà un període de dues setmanes per intentar escollir un sol dia on tots els corredors participin. En el cas que no tothom pugui acordar la trobada, es farà en dues dates. L'assistència serà obligatòria.

Tots els participants hauran de dur els seus GPS per enregistrar el seu entrenament. Per la seva banda, els investigadors prepararan les càmeres per enregistrar els exercicis de tècnica per una post valoració de les execucions. Es muntarà un avituallament per evitar que apareguin deshidratacions i problemes físics. Estaran muntats amb aliments i begudes com plàtans, fruits secs, entrepans amb pernil i begudes isotòniques.

Tots els corredors hauran d'enviar els resultats dels seus entrenaments cada setmana al responsable encarregat de cadascun dels grups. En aquests enregistraments, hauran de descriure la seva sensació de fatiga durant l'entrenament i altres opinions que puguin ser importants de mencionar. Si malauradament un dels corredors pateix una lesió, els directors de l'estudi vetllaran per la seva salut i passarà a un protocol de

rehabilitació per introduir-lo altre cop al grup, sempre hi quan no sigui una lesió d'una durada superior a un mes i mig.

Si la proposta és l'adequada i els corredors assoleixen els objectius de la transició, a l'octubre es passarà a fer l'última valoració al gimnàs i s'iniciarà el procés de recopilació de totes les dades per passar a la següent fase del projecte que consisteix en la redacció de les conclusions.

4ª FASE.

Últim esglaió de l'estudi, la quarta fase que consistirà en el processament final de totes les dades amb l'objectiu de redactar-ho i extreure'n les conclusions. Durant els mesos d'octubre i novembre cadascun dels col·laboradors i l'investigador han d'ocupar-se de recopilar totes les dades dels seus atletes i processar-les tal i com va pactar-se en la primera fase.

Aquesta recollida de dades servirà perquè tots els corredors, que hagin tingut algun problema amb la sincronització dels seus rellotges amb els ordinadors, ho puguin tornar a repetir. Quatre setmanes és temps suficient per que s'enviïn totes les dades.

Durant el mes de desembre de 2018, s'utilitzarà perquè els radiòlegs del Policlínic de Binèfar i els investigadors analitzin i valorin col·lectivament totes les RM per si es detecta un increment del volum de la musculatura intrínseca dels peus en els corredors. Es tindran en compte les RM anteriors d'aquells que presentessin algun tipus de molèstia o dolor simptomàtic de lesions per estrès. Els especialistes són els que ens ajudaran en la descripció dels resultats.

Una vegada es tindran tots els valors, dades i resultats en la base de dades, es procedirà a quatre mesos i mig de feina llarga per valorar i processar totes les dades, extraient-ne totes les conclusions possibles. En aquest temps, els investigadors hauran de redactar el treball final per una posterior presentació i divulgació a la comunitat científica i esportiva a través de revistes i possibles jornades.

S'optarà per diferents formes de difusió. En primer lloc, es farà publicitat per realitzar xerrades a centres, locals i altres espais amb aquestes finalitats, a través dels col·legis de fisioteràpia, el de CAFE i finalment al de medicina. D'aquesta manera es pot arribar a molts més professionals, ja sigui per propi interès sobre el tema, o solament per valorar el projecte i com s'ha dut a terme.

En segon lloc, poden programar-se xerrades o exposicions en esdeveniments populars com les curses dels pobles o ciutats. Un exemple pot ser, durant la fira del corredor de la Behovia - San Sebastián, o bé de la marató o mitja marató (en diferents dies) de les ciutats de Tarragona, Lleida i Barcelona (Girona encara no té aquestes modalitats al seu calendari).

En tercer i últim lloc. Es proposarà redactar algun article en revistes esportives. En aquestes, sempre hi ha lloc per nous articles que puguin tenir un contingut interessant per tots els seus lectors.

9 – PRESSUPOST

El pressupost del projecte s'estipularà a partir de dos recursos:

● **Recursos materials.**

► **Material d'oficina i papereria.**

Es compatibilitzarà tot el material que, en un principi, se suposa que serà necessari per dur a terme tasques d'oficina: la impressió dels protocols, crear cartells informatius, redactar llistes amb el format de paper, entre altres que poden anar sorgint.

Tot aquest material, es podrà comprar en comerços de venda especialitzada en material d'oficina. La botiga podria ser al Minerva SL, situada al C/Pica d'Estats núm. 22, de Lleida.

Material	preu per unitat	Quantitat	TOTAL (€)
Fulls	6,99	4 packs de 500 fulls	27,96
Bolígrafs	12,50	2 packs de 10 unitats	25,00
Arxivadors	14,99	3	44,97
Carpetes	9,99	3	29,97
Impresora	385,00	1	385,00
Toners de tinta	70,50	8	564,00
Llapis de memòria	19,99	3 unitats de 15GB	59,97
Grapadora	25,00	1	25,00
Grapes	3,80	2 capsos	7,60
Imans de botó	10	3 packs de 16 unitats	30,00
Pissarra de rotuladors	189,00	1	189,00
			1388,47

► **Lloguer de la sala polivalent de l'Ekke.**

L'investigador principal és un dels treballadors del gimnàs Ekke Lleida, la qual cosa, facilitarà el lloguer o la petició de disponibilitat de la dita sala. En un principi, la sala polivalent acostuma a destinar-se a la realització de reunions pels socis i treballadors, o en certes ocasions es converteix en una zona per repartir dorsals de diferents curses que organitza el gimnàs. El lloguer de la sala pot ser un simple tràmit burocràtic entre els interessats per aprofitar un benefici mutu.

La cessió de dita sala, servirà per què l'investigador principal i els seus col·laboradors tinguin un lloc físic on poder fer reunions, organitzar trobades i disposar d'un espai on poder estar tranquils per classificar, valorar i redactar tot el projecte. En quan als corredors, disposar de la sala, els serà útil per desar el calçat esportiu que no utilitzin en ella (de manera ordenada, classificada i etiquetada amb el seu nom). A més a més, el conveni entre el gimnàs i els investigadors, els aportarà la oportunitat de gaudir durant sis mesos de les instal·lacions de forma totalment gratuïta. Així doncs, tindran lliure accés sempre hi quant sigui amb finalitats de l'estudi.

El gimnàs solament demanarà un total de 100 a 150 euros mensuals per la cessió de la sala i la lliure utilització del gimnàs. El motiu del preu serà per cobrir les possibles despeses del consum de llum i de neteja del centre en global.

Nombre de mesos	Preu lloguer de sala	TOTAL
17 (un any i mig)	150 €	2550 €

Ressonància magnètica.

Es voldrà optar per realitzar ressonàncies magnètiques per dos motius prou convincents. En primer lloc, per la qualitat de la imatge i en segon lloc, per la gran capacitat que ofereix aquesta eina per diagnosticar i valorar qualsevol de les estructures que ens puguin interessar en els peus dels corredors durant l'estudi.

Amb una ecografia (molt més econòmica), també es podria valorar el volum de la musculatura intrínseca dels peus, però per contra, no es podria visualitzar de forma tan específica possibles problemes de fractures per estrès.

En aquest cas, no solament estarem davant d'una gran eina de treball sinó que, a més a més, es disposarà de grans professionals que treballen en el Policlínic de SEAP (a Binèfar, Barbastro i Monzón) per diagnosticar i valorar els resultats.

Aquest servei serà possible gràcies a la gran amistat de l'investigador principal amb l'equip directiu de la Policlínica SEAP. Així doncs, és un servei que ens oferiran per dur a terme el nostre calendari.

Gràcies a l'amistat i la possibilitat de dur la seva publicitat, s'estima que el preu a pagar solament serà del quaranta per cent de cadascuna de les ressonàncies magnètiques. En el centre els preus estan entre 140 euros i 280 euros, depenent de la regió i l'especificitat. En el nostre cas, ens ho arreglen de manera que solament es pagarà 95 euros per pacient en cada ressonància realitzada. El preu inclou la posterior valoració amb el personal sanitari adequat.

Nombre de RM	Preu per RM	TOTAL
5 RM per pacient	95,00 €	475,00 €
75 RM totals	95,00 €	7125,00 €

► **Plataforma de forces.**

Per aquest estudi és primordial disposar d'una plataforma de forces, ja sigui a través de l'INEFC Lleida (Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya), o bé perquè es decideix comprar una plataforma dinamomètrica de característiques piezoelèctriques.

Si es vol opta per comprar-la, la plataforma serà la Dinascan Z14/IBV. Aquest model es pot comprar desde la web: <http://analisi biomecanico.ibv.org> per un **preu de 3000 euros.**

Es tracta d'una plataforma d'última generació que permet fer estudis dinàmics i estàtics. També permetrà fer l'anàlisi de salts amb càrregues externes de fins a 200kg. Així doncs és el model ideal per aquest projecte.

► **Calçat esportiu per cada atleta.**

Tot el calçat esportiu, com ja s'ha mencionat en un altre apartat, es comprarà a la botiga d'Esports Querol, a la població de Balaguer. Es demanaran diferents models de calçat per cada corredor. El més prioritari serà que els números arribin a la tenda a través dels distribuïdors.

Com es tractarà d'un estudi de referència i amb un objectiu molt ambiciós, l'amo de la botiga, en Daniel, ens farà un preu pactat per tots els models que escullin els corredors.

El preu serà de **80,00 euros per model**. Per tant, sortirà per un total de **400 euros** equipar els peus de cada corredor. El valor total, amb la població d'aquest estudi, serà de **6000 euros**.

► **Càmera de vídeo.**

La millor opció en aquest estudi és la càmera Gopro Hero 5. És una càmera especialitzada per esports d'aventura. La seva qualitat d'imatge és de les millors del mercat actual i pot gravar en format d'alta definició. A més a més, crea vídeos amb un format de gran captació de fotogrames, molt útil per analitzar els moviments de la tècnica de carrera. El seu preu, amb una targeta de memòria conjunta, és de **325 euros**.

► **Programa informàtic.**

Pel tractament de les dades que s'aniran recollint de les valoracions, es decideix comprar el programa IBM SPSS Statistics. El seu preu és de **1260,00 euros**.

Així doncs, **el valor estimat del projecte, fent referència als recursos materials, serà de 23.348,47 euros.**

● **Recursos humans.**

► **Investigador i col·laboradors.**

L'investigador principal no realitzarà l'estudi per guanyar diners, la seva finalitat és poder investigar un tema que l'apassiona. Tot i així necessita tenir la seguretat que trobarà una empresa o un inversor que l'ajudarà a promocionar i a pagar el projecte personal, ja sigui mitjançant ajuts universitaris (beques) o ajudes de diverses entitats, públiques o privades, interessades en el projecte.

Per altra banda, els col·laboradors a l'estudi poden ser treballadors d'altres empreses interessats en formar part del treball. En el cas que es disposi d'una beca o una ajuda externa, els costos poden estar coberts.

► **Metge radiòleg.**

Com a treballador del Policlínic, no dependrà econòmicament del nostre projecte. No obstant, el centre en el qual treballa, rebrà la oportunitat de tenir publicitat i difusió a canvi de les hores invertides amb els nostres corredors. Tot i el sou que tingui estipulat a través de la seva feina diària, s'oferirà una oferta de **20,00 euros l'hora** per la seva ajuda en la redacció de les valoracions finals de totes les RM dels corredors.

Tot i que el temps per valorar les RM dels corredors està marcat en una durada de quatre setmanes, solament seria necessària la presència del doctor durant un total de 50 hores dividides durant les ja mencionades setmanes. En elles ajudarà a diferenciar i valorar minuciosament els possibles canvis visibles en els peus dels corredors.

Així doncs, **el valor estimat del projecte, fent referència als recursos humans, serà de 1.000 euros per pagar l'ajuda del doctor.**

El pressupost final serà de **22.648,47 euros**. Es buscarà opcions per disposar d'una beca d'estudis a través de les universitats. També es demanarà l'ajuda d'alguna entitat bancària (com pot ser Banc Sabadell o la Caixa), les quals ofereixen possibilitats de beques per nous emprenedors amb projectes interessants d'assolir.

10 – BIBLIOGRAFIA

1. Jimenez-Perez, I., Lucas-Cuevas, A.G., Priego, J.I., Aparicio, I., Giménez, J.V., Gil, M., Llana-Belloch, S., Pérez-Soriano, P. Estudio preliminar de la activación neuromuscular corriendo descalzo y calzado. *Rev. Ib. CC. Act. Fís. Dep.* 2015; 4(1): 19-27
2. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA et al. Foot Strike Patterns and Collision Forces in Habitually Barefoot versus Shod Runners. *Nature* 2010; 463(7280): 531-5.
3. Chatton, A., Kayser, B. Self-reported health, physical activity and socio-economic status of middle-aged and elderly participants to a popular road running race in Switzerland: better of than the general population? *Swiss Medical Weekly*, 2013, vol.143, p.1-9.
4. KAMPHUIS, C. B., F. J. VAN LENTHE, K. GISKES, M. HUISMAN, J. BRUG, and J. P. MACKENBACH. Socioeconomic Status, Environmental and Individual Factors, and Sports Participation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008;Vol. 40, No. 1, pp. 71-81.
5. Funollet, F. (2004). La necesidad de las actividades deportivas en el medio natural. *Tándem. Didáctica de la Educación Física y el Deporte*, 16, 7-19.
6. Carreras por montaña. (s. f.). En *Federación Española de deportes de montaña y escalada*. Recuperado el 18 de Gener de 2017 <http://www.fedme.es/index.php?mmod=staticContent&IDf=147>
7. Stephen M. Gillinov, Sara Laux, Ph.D., Thomas Kuivila, M.D., Daniel Hass, P.T., and Susan M. Joy, M.D. Effect of Minimalist Footwear on Running Efficiency: A Randomized Crossover Trial. *Physical Therapy*. 2015;May-June, Vol.7, no.3, pp. 256-260.
8. Squadrone R, Gallozzi C. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009 ;Mar; 49 (1):6-13
9. Daoud, T.C. Pataky, D. De Clercq & P. Aerts. The effects of habitual footwear use: foot shape and function in native barefoot walkers. *Footwear Science*. 2009; Volumen 1 Issue 2, 81-94.
10. Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44:1325-1334.
11. Antonio Caballo, Antonio A. Carrillo, Ángel C. Alcaide. 2011. Aprende la técnica natural. Guía para correr descalzo-minimalista.

12. Gallo RA, Plakke M, Silvis ML. Common Leg Injuries of Long-Distance Runners: Anatomical and Biomechanical Approach. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. 2012; 4(6):485-95.
13. Hall JP, Barton C, Jones PR, Morrissey D. The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Med*. 2013;43:1335-53
14. Espejo F. Drop alto (amortiguación) de zapatillas deportivas cómo posible factor precipitante de la fascitis plantar en corredores de larga distancia [Internet]. Cerdanyola del Valles (Barcelona/Spain). 2014 [acceso 07/07/2016]. Disponible en: <http://www.efisioterapia.net/articulos/drop-alto-amortiguacion-zapatillas-deportivas-posible-factor-precipitante-fascitis-plantar>.
15. Galbreath, K.M.; Harrison, K.D.; and McCrory, J.L. The Influence of Arch Type on Injury in Minimally-Shod Runners. *International Journal of exercise science*. 2014; Vol. 9: iss.2, Article 25.
16. Kapandji A. fisiología articular. Miembro inferior. Cap. V, la bóveda plantar. 5a ed. Panamericana.p. 230-31.
17. Altman, A.R., I.S. A kinematic method for footstrike pattern detection in barefoot and shod runners. *Gait & posture*, 2013;35(2), 298-300
18. Altman, A.R., I.S. Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Current sports medicine reports*. 20012; 11(5), 244-250.
19. Jakobsen BW, Krøner K, Schmidt SA, et al. Running injuries sustained in a marathon race. Registration of the occurrence and types of injuries in the 1986 Arhus Marathon. 1989;151(35):2189-2192.
20. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002;36(2):95-101. Epub 2002 Mar 28.
21. Dierks, T.A, Manal, K.T., Hamill, J., & Davis, I. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Medicine an science in sports and exercise*. 2011; 43(4), 693-700
22. Hespanhol Junior LC, Pena Costa LO, Lopes AD. Previous injuries and some training characteristics predict running- related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *J Physiotherapy*. 2013;59(4):263-9.

23. Malisoux, L., Ramesh, J., Mann, R., Seil, R., Urhausen, A., & Theisen, D. Can parallel use of different running shoes decrease running-related injury risk?. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 2013; n/a - n/a.
24. Willems TM, De Ridder R, Roosen P. The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. *Gait posture*. 2012 Mar;35(3):405-9.
25. Murphy K, Curry EJ, Matzkin EG. Barefoot running: does it prevent injuries? *Sports Med Auckland NZ*. noviembre de 2013;43(11):1131-8.
26. Jungers WL. Biomechanics: Barefoot running strikes back. *Nature*. 2010;463(7280):433-438.
27. Kasmer, M. E., Xue-Cheng, L., Roberts, K. G., y Valadao, J. M. (2013). Foot-Strike Pattern and Performance in a Marathon. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 8(3), 286-292.
28. Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D., McIntyre, K., y Normile, A. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *Journal of Sports Sciences*, 29(15), 1665-1673.
29. Rothschild, C. (2012). Running Barefoot or in Minimalist Shoes: Evidence or Conjecture?. *Strength & Conditioning Journal*, 34(2), 8-17.
30. Nigg, B. Biomechanical considerations on barefoot movement and barefoot shoe concepts. *Footwear Science*. 2009; 1(2), 73-79.
31. Rixe JA, Gallo RA, Silvis ML. The Barefoot Debate: Can Minimalist Shoes Reduce Running-Related Injuries? *Curr Sports Med Rep*. 2012 May-Jun; 11(3):160-5.
32. Salzler MJ, Bluman EM, Noonan S, et al. Injuries observed in minimalist runners. *Foot Ankle Int*. 2012;33(4):262-266.
33. Ridge ST, Johnson AW, Mitchell UH, et al. Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(7):1363-1368.
34. Matthew J. S., Eric M. B, Samantha N., Christopher P. C., Richard J. *Foot & Ankle*. 2012; Vol. 33, No. 4.
35. Tam, N., Astephen Wilson, J., Noakes, T.D., & Tucker, R. Barefoot running: an evaluation of current hypothesis, future research and clinical applications. *British journal of sports medicine*. 2014; 48(5), 349-355.

36. Miller, E.E., Whitcome, K.K., Lieberman, D.E., Norton, H.L., Dyer, R.E., 2014. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *J. Sport Health Sci.* 3, 74-85.
37. Matthew J. Salzler, Hollie J. Kirwan, Donna M. Scarborough, James T. Walker, Anthony J. Guarino, and Eric M. Berkson. Injuries observed in a prospective transition from traditional to minimalist footwear: correlation of high impact transient forces and lower injury severity *The Physician And Sportsmedicine* 2016; Vol. 44 , Iss. 4.
38. Chang, R., Kent-Braun, J.A., Hamill, J., 2012. Use of MRI for volume estimation of tibialis posterior and plantar intrinsic foot muscles in healthy and chronic plantar fasciitis limbs. *Clin. Biomech.* 27, 500-505.
39. Perl DP, Daoud AI, Lieberman DE. Effects of Footwear and Strike Type on Running Economy. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44(7): 1335-43
40. Lieberman, DE. What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective. *Exercise & sport sciences reviews.* 2012, 40(2), 63-72.
41. Luisa Fernanda, L., Lema, J.D. "CgMed": Diseño y construcción de plataforma para determinar posición del centro de gravedad en bipedestación. *Revista Ingeniería Biomédica.* 2009; vol. 3, núm. 6, pág. 26-36
42. Perkins K., William J. H, and Rothschild C. The Risks and Benefits of Running Barefoot or in Minimalist Shoes: A Systematic Review. *Sports physical therapy.* 2014; Nov-Dec, Vol.6 (6), 476-480
43. Khowailed I.A., Petrofsky J., Lohman E., Daher N. Six Weeks Habituation of Simulated Barefoot Running Induces Neuromuscular Adaptations and Changes in Foot Strike Patterns in Female Runners. *Medical Science Monitor*, 2015; 21: 2021-2030.
44. Malliaropoulos N., Mertyri D., Tsaklis P. Prevalence of injury in ultra trail running. *Human movement.* 2015, vol. 16 (2), 52-59.
45. Institut d'estadística de Catalunya [Sede electrónica]. 2011, Barcelona. Idescat. Consultado el 18 de Gener de 2017. Disponible en: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=808>.
46. Pita F. Determinación del tamaño muestral [Internet]. 2010 [cited 2016 Mar 3]. Available from: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>

47. Ávalos Ardila, C. y Berrío Villegas, J. Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas. [Tesis] Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2007. Disponible Desde: URL: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf>.
48. Guskiewicz, K. M. (2009). Recuperacion de la estabilidad y el equilibrio ortostaticos. In W. E. Prentice, *Tecnicas de rehabilitacion en medicina deportiva* (pp. 151-175). Barcelona: Paidotribo.
49. Sánchez-Rodríguez R, Martínez-Nova A, Escamilla-Martínez E, Pedrera-Zamorano JD. Can the Foot Posture Index or their individual criteria predict dynamic plantar pressures?. *Gait Posture*. 2012;36(3):591-5.
50. Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007; 88(1):88-93.
51. Lori A. B, Terry R. M. Plantar Fasciitis and the Windlass Mechanism: A Biomechanical Link to Clinical Practice. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(1):77-82.
52. Hicks JH. The mechanics of the foot, II: the plantar aponeurosis and the arch. *Journal Anat*. 1954; 88 :25-30.
53. Newman P, Adams R, Waddington G. Two simple clinical tests for predicting onset of medial tibial stress syndrome: shin palpation test and shin oedema test. *Br J Sports Med*. 2012 Sep; 46(12):861-4.
54. Lucia A, Esteve-Lanao J, Oliván J, Gomez-Gallego F, San Juan AF, Santiago C, Pérez M, Chamorro-Viña C, Foster C. Physiological characteristics of the best Eritrean runners-exceptional running economy. *Appl Physiol Nutr Metab* 31 (5): 530-540, 2006.

11 – ANNEXOS.

- ANNEX 1 - Quadre de classificació del calçat minimalista.

PES	PUNTUACIÓ
Col·locar el calçat sobre una balança. D'acord amb l'escala, quin és el pes del calçat (en grams)?	5/5 = menys de 125gr
	4/5 = de 125 a 175gr
	3/5 = de 176 a 225gr
	2/5 = de 226 a 275gr
	1/5 = de 276 a 325gr
	0/5 = 326gr o més
Total	

ALÇADA DEL TALÓ	PUNTUACIÓ
Amb un calibrador digital per mesurar l'amplada del taló. Es mesura, desde l'interior, l'alçada entre la base del taló fins el final de la sola que entra en contacte amb el terra.	5/5 = menys de 8mm
	4/5 = de 8 a 14mm
	3/5 = de 15 a 20mm
	2/5 = de 21 a 26mm
	1/5 = de 26 a 32mm
	0/5 = 32mm o més
Total	

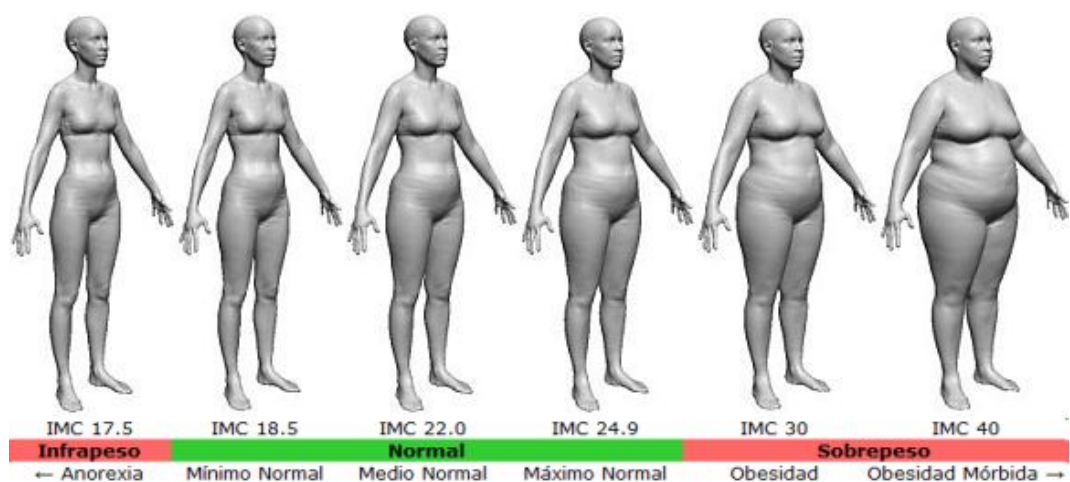
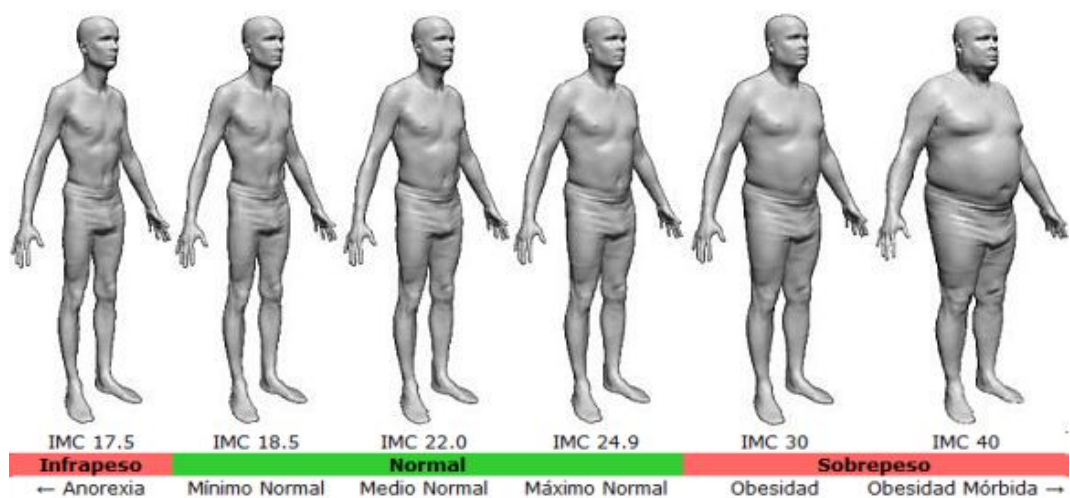
TECNOLOGIES D'ESTABILITAT I CONTROL MOTOR	PUNTUACIÓ
Quan el calçat presenta: Multi-densitat en la mitja-sola. Termoplàstic medial posterior. Elevador de l'arc plantar a mitja-sola a través de la plantilla. Suport de tensió medial des del taló al tendó d'aquiles. Subjeccions en la tela superior al peu. Control d'estabilitat del turmell	5/5 = cap
	4/5 = una
	3/5 = dos
	2/5 = tres
	1/5 = quatre
	0/5 = cinc o sis
Total	

ALÇADA DE LA BASE ANTERIOR	PUNTUACIÓ
Amb un calibrador digital per mesurar l'amplada de la base on es recolzen els metatars. Es mesura, desde l'interior, entre la base del taló fins el final de la sola que entra en contacte amb el terra.	5/5 = menys d'1mm
	4/5 = d'1 a 4mm
	3/5 = de 5 a 7mm
	2/5 = de 8 a 10mm
	1/5 = de 11 a 13mm
	0/5 = 13mm o més
Total	

FLEXIBILITAT	PUNTUACIÓ
Agafar el calçat solament amb el dit polze, el índex i el medial de les dues mans. Aplicar la mateixa força amb totes dues mans per la zona anterior i posterior del calçat per tal d'ajunta la punta amb el taló per la part superior del calçat.	2.5/2.5 = mínima resistència per enrotllar-la (capacitat d'enrotllar-la més de 360 graus)
	2.0/2.5 = poca resistència en una flexió longitudinal. (la zona anterior pot tocar la posterior amb un màxim de 360 graus)
	1.5/2.5 = Resistència moderada en la flexió longitudinal. (la zona anterior del calçat es doblega però supera lleugerament els 90 graus)
	1.0/2.5 = Alta resistència en la flexió longitudinal (la part anterior i posterior del calçat forma un angle de 45 a 90 graus)
	0.5/2.5 = Forta resistència en la flexió longitudinal (hi ha una flexió longitudinal, però no superen un angle de 45 graus entre ambdues parts)
	0/2.5 = Màxima resistència en la flexió longitudinal (les dues forces exercides no aconseguixen deformar el calçat fins als 30 graus)
Total	

FLEXIBILITAT DE TORSIÓ	PUNTUACIÓ
<p>Agafar el calçat solament amb el dit polze, el índex i el medial de les dues mans. Aplicar una força amb la mà de la zona anterior per realitzar una pronació, generant forces de torsió.</p>	2.5/2.5 = mínima resistència de torsió (capacitat d'enrotllar-la més de 360 graus, on la zona anterior i posterior queden completament torsionades)
	2.0/2.5 = poca resistència de torsió. (la zona anterior pot generar una torsió de 180 a gairebé 360 graus)
	1.5/2.5 = Resistència moderada de torsió. (la zona anterior del calçat es torsiona de 90 graus fins gairebé 180 graus)
	1.0/2.5 = Alta resistència de torsió (la part anterior del calçat es pot torsar en un angle de 45 a 90 graus)
	0.5/2.5 = Forta resistència de torsió (hi ha una torsió, però no superen un angle de 45 graus).
	0/2.5 = Màxima resistència de torsió (les dues forces exercides no aconsegueixen deformar el calçat)
Total	

- ANNEX 2 - Taules del IMC de la OMS



- ANNEX 3 - Escala subjectiva de l'esforç. (Escla de Borg)

VALOR	DENOMINACIÓN
20	
	ESFUERZO MÁXIMO
	MUY, MUY DURO
19	
18	
17	
	MUY DURO
16	
15	
	DURO
14	
13	
	MODERADO
12	
11	
	LIGERO
10	
	MUY LIGERO
9	
8	
	MUY, MUY LIGERO
7	
6	
5	
	ABSOLUTA AUSENCIA DE ESFUERZO 4
3	
2	
1	
0	
	DORMIDO INACTIVO

- ANNEX 4 - Full de consentiment escrit.

Hoja de consentimiento informado para estudio de investigación y pruebas analíticas

Yo,
_____, PACIENTE, abajo firmante,
por la presente

autorizo al Dr/a _____ y Fisioterapeuta _____ a
realizar el seguimiento así como el procedimiento o intervención necesario para la
realización de pruebas analíticas consideradas necesarias, así como las técnicas
necesarias para la realización del estudio.

También he sido informado que algunas pruebas analíticas podrán ser realizadas
en laboratorios y empleados para su uso en investigación.

Yo igualmente declaro que he leído y comprendido totalmente porqué es
necesario el procedimiento arriba indicado así como sus ventajas y posibles
complicaciones y la posibilidad de otros tratamientos alternativos y doy mi
consentimiento de forma consciente y libre después de ser informada/o por el:

Dr/a _____
Lleida, a de de

- ANNEX 5 - Programacions setmanals per la transició.

PROGRESSIÓ DROP 12

Setmana	Dies setmana	Volum treball	Intensitat	Observacions
1a	2 de carrera + 1 de tècnica	- 10 a 15km per sessió.	Mitja - Baixa	Entrenament en pista o terreny poc agressiu
2a	4 de carrera + 1 de tècnica	- 20km per sessió.	Mitja - Alta	Entrenament en zona de muntanya. Més tècnic

PROGRESSIÓ DROP 10

Setmana	Dies setmana	Volum treball	Intensitat	Observacions
1a	2 de carrera + 1 de tècnica	- 10 a 15km per sessió.	Mitja - Baixa	Entrenament en pista o terreny poc agressiu
2a	4 de carrera + 1 de tècnica	- 20km per sessió.	Mitja - Alta	Entrenament en zona de muntanya. Més tècnic

PROGRESSIÓ DROP 6

Setmana	Dies setmana	Volum treball	Intensitat	Observacions
1a	1 de carrera + 1 de tècnica	5 a 6km	Baixa	- Entrellaçar caminar i córrer. - Zones de pista de terra
2a	2 de carrera + 1 de tècnica	6km per sessió.	Baixa - Mitja	- Enllaçar córrer suau i ritmes més lleugers. - Zones de pistes de terra i començar en senders.
3a	4 de carrera + 1 de tècnica	8km per sessió.	Mitja	- Ritme de carrera constant. - Zona de senders i algun tram tècnic (caminant)
4a	5 de carrera	8 a 10km per sessió.	Alta	- Ritme de carrera constant. - Qualsevol zona de terreny.

PROGRESSIÓ DROP 4

Setmana	Dies setmana	Volum treball	Intensitat	Observacions
1a	1 de carrera + 3 de tècnica	8 a 9km en la sessió de marxa.	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> - El recorregut serà caminant. - Terreny per pista de terra i trams tècnics en ascens.
2a	2 de carrera + 3 de tècnica	8 a 9km	Baixa - Mitja	<ul style="list-style-type: none"> - Alternar la carrera amb marxa per pistes de terra. - No es faran trams tècnics.
3a	3 de carrera + 2 de tècnica	10 a 15km per sessió	Mitja	<ul style="list-style-type: none"> - Carrera complerta per terreny de pista de terra, amb opcions de passar a sender.
4a	3 de carrera + 2 de tècnica	15km per sessió	Mitja - Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Caminada més carrera en senders i trams tècnics.
5a	4 de carrera + 1 de tècnica	20 a 30km	Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Combinació de qualsevol terreny amb adaptacions de l'esforç segons la zona.

PROGRESSIÓ AMB CALÇAT MINIMALISTA - Primera fins sisena setmana.

Setmana	Dies setmana	Volum treball	Intensitat	Observacions
1a	3 de carrera + 1 de tècnica	1 a 3km	Baixa	- Sempre caminant en superfícies còmodes i uniformes.
2a	3 de carrera + 1 de tècnica	2 a 3km per sessió	Mitja	- Canvis en velocitat al caminar. - Es provarà de correr molt suau en zones fàcils i sense trams tècnics.
3a	3 de carrera + 2 de tècnica	3km per sessió	Mitja - Alta	- Ritmes moderats amb carrera contínua. - Solament per terreny de pista sense realitzar trams tècnics.
4a	3 + 2 de tècnica	5 a 7km setmana	Baixa	- Ritmes de carrera molt suaus alternats amb marxa. - Es realitzaran pujades i baixades suaus, sense impactes i amb forces d'impulsos controlades. - S'inicia la marxa per senders.
5a	3 + 2 de tècnica	6 a 8km setmana	Baixa	- Ritmes de carrera molt suaus alternats amb marxa. - Es realitzaran pujades i baixades suaus, sense impactes i amb forces d'impulsos controlades. - Marxa en senders.
6a	3 + 2 de tècnica	6 km sessió	Mitja	- Ritmes de carrera moderats i continus alternats amb marxa. - Es realitzaran pujades i baixades. - Les pujades amb més potència que la baixada. - Continua la marxa per senders i s'inicia en trams tècnics.

PROGRESSIÓ AMB CALÇAT MINIMALISTA- Setena fins dotzena setmana.

7a	3 + 2 de tècnica	6 km sessió	Mitja - Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes de carrera continus alternats amb marxa en els trams. - Es realitzaran pujades i baixades amb ritme dinàmic. - Continua la marxa per qualsevol terreny sense esforços intensos.
8a	1 + 2 de tècnica	10 a 12 km setmana	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes de carrera molt suaus i marxa. - Carrera continua en pistes i senders. - Inici del treball de pujades adaptant ritme segons la zona tècnica.
9a	2 + 2 de tècnica	12 a 14 km setmana	Mitja	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes de carrera moderats. - Carrera continua en pistes i senders, podent iniciar una transferència a zones tècniques. - Treball de pujades moderat. Inici de les baixades amb marxa i algun salt.
10a	3 + 2 de tècnica	10km per sessió	Mitja	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes de carrera moderats amb canvis progressivament intensos. - Carrera en pista i senders. - Canvis progressius en zones tècniques. - Treball de pujades més intens. - Inici de les baixades amb més carrera.
11a	4 + 1 de tècnica	12km per sessió	Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes de carrera continus alternant canvis intensos i suaus. - Adaptació a qualsevol terreny i en qualsevol situació tècnica. - Treball en pujades i baixades amb alguna pausa per adaptar l'esforç físic.
12a	5 de carrera	15 a 20 km setmana	Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Ritmes continus per qualsevol terreny. - Adaptar el ritme al terreny de pista, sender i tram tècnic. - Treball en pujades i baixades de qualsevol tipus.

TIPUS DE TREBALL	EXERCICIS	VOLUM
PROPIOCEPCIÓ	Equilibri estàtic monopodal	4 sèries x 30 seg. x 30 a 60seg Recuperació.
	Equilibri estàtic monopodal a sobre d'una superfície inestable (bossu, togu, coixí, escuma, etc.)	
	Pas sobre un step + equilibri monopodal.	
	Salt + isomètric sobre un bossu (mono o bipodal)	
	Equilibri monopodal. Marcar diferents posicions a través d'uns punts marcats a una paret	
	Equilibri monopodal + Llençar una pilota medicinal de 3kg contra la paret i agafar-la sense tocar a terra	
FORÇA	Extensió de genolls + Flexió de genolls	6 sèries x 25/20/18/15/15/1 2 rep. x 50 seg. Recuperació. Execució ràpida i natural
	Squad + Lounge amb barra lliure	
	Elevacions de maluc i pelvis amb peus sobre una fitball/pilota medicinal	
	Squad amb barra + Premsa de cames amb execució de potència	
	Excèntrics: Bessons + Isquiotibials + Quàdriceps	5 sèries x 8 rep x 1min Recuperació.
PLIOMETRIA	Salts a corda amb peus junts	5 sèries x 10 a 15 rep x 1min Recuperació.
	Salt + recepció a un step de fusta (mono i bipodal)	
	Salt desde step de fusta + recepció al terra (mono i bipodal)	
	Salt desde step de fusta + reactivitat contra terra (mono i bipodal)	